

ความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีภาคพื้นดิน
Relationship between TRMM rainfall and Point rainfall
from Gauge Stations.

นางสาวปิยรัตน์ กลิ่นสุคนธ์ทิพย์ รหัส 50363273
นายณชตฤณ เมธีสกุลวงศ์ รหัส 50370318

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 26, ก.ค. 2554
เลขทะเบียน..... 15576256
เลขเรียกหนังสือ..... นร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๖629 ๑

2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ ความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานี
ภาคพื้นดิน

ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวปิยรัตน์ กลิ่นสุคนธ์ทิพย์ รหัส 50363273
นายณชกฤษ เมธิสกุลวงศ์ รหัส 50370318

ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร. ศรีนทร์ทิพย์ แทนธานี

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(รศ.ดร. ศรีนทร์ทิพย์ แทนธานี)

.....กรรมการ
(ดร. กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. สติกรณณ์ เหลืองวิษขเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงการ	ความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และข้อมูลน้ำฝนจากสถานีภาคพื้นดิน
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวปิยารัตน์ กลิ่นสุคนธ์ทิพย์ รหัส 50363273 นายณรชกฤษ เมธิสกุลวงศ์ รหัส 50370318
ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร. ศรีนทร์ทิพย์ แทนธานี
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

เนื่องจากข้อมูลฝนมีความสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกจากนี้ข้อมูลฝนนั้นยังสามารถบอกถึงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติได้ อาทิเช่น ความแห้งแล้ง การเกิดพายุ การเกิดน้ำท่วม เป็นต้น อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่เช่นบริเวณภูเขา ยังขาดแคลนสถานีวัดน้ำฝน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM ในพื้นที่ที่ขาดแคลนสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน เช่น บริเวณพื้นที่ที่มีภูเขาสูง เพื่อให้สามารถใช้ค่าปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ทดแทนข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินได้

โครงการเล่มนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สองวิธี คือ การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นโดยตรง และการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม โดยหาความสัมพันธ์ทั้งแบบเชิงเส้น และความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล

ผลจากการศึกษาพบว่า จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยตรงแบบเชิงเส้นนั้น มีค่า R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.000 - 0.121 ซึ่งแสดงว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำมาก หรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ส่วนการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสมนั้น ได้ค่า R^2 ของความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.444 - 0.972 และค่า R^2 ของความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.647 - 0.992 จะเห็นได้ว่าการหาความสัมพันธ์ระหว่างฝน TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนสามารถอธิบายได้ดีที่สุดด้วยการวิเคราะห์โดยอาศัยฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสมที่มีความความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล

a

Project title Relationship between TRMM rainfall and Point rainfall
from Gauge Stations.

Name Miss. Piyarut Klinsukhonthip ID 50363273
Mr. Nathakit Mathesakunwong ID 50370318

Project advisor Assoc. Prof. Dr. Sarintip Tantanee

Major Civil Engineering

Department Civil Engineering

Academic year 2010

.....

Abstract

Rainfall information is important for human life because it can detect the situation of natural environment such as drought, storm occurrences and flood, etc. However, in some area such as mountainous part there are no rain gauge stations. The application of satellite rainfall such as TRMM, therefore, will be useful for those area instead of the rainfall data from gauges.

This project is to study the relationship between TRMM rainfall and point rainfall from gauges. The analysis of relationship between TRMM and gauge rainfall has been undertaken by two approaches; (1) directly linear function analysis, and (2) Cumulative Density Function (CDF) based analysis of simple linear regression method and polynomial regression method.

The results show that obtained R^2 from directly linear function are in range of 0.000 to 0.121 which is very low. Thus, the relationship between TRMM and gauge rainfall is unable to explain by using linear function. Obtained R^2 from CDF based linear function and polynomial function are 0.444 - 0.972 and 0.647 - 0.992, respectively. It, therefore, summarizes that the most appropriate approach to explain the relationship between TRMM and gauge rainfall is CDF based polynomial function.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จสู่ดวงลงได้ดี เนื่องด้วยความกรุณาจากอาจารย์ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะและแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตลอดระยะเวลาในการจัดทำโครงการนี้ ทำให้ทางคณะผู้จัดทำสามารถเข้าใจและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี คณะผู้จัดทำสำนึกในความกรุณาและขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณสุบรร ผลกะติ และคุณชนิตา เดชภีรัตนมงคล ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในด้านข้อมูลพร้อมทั้งคำแนะนำทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้โปรแกรมต่าง ๆ

ขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนิน โครงการ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณของบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้กำเนิดและเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนใน ทุก ๆ ด้าน และขอขอบคุณญาติ พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ที่คอยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนกระทั่ง โครงการนี้สำเร็จและสมบูรณ์ทุกประการ

คณะผู้ดำเนิน โครงการวิศวกรรม
นางสาวปิยรัตน์ กลิ่นสุคนธ์ทิพย์
นายณชกฤษ เมธิสกุลวงศ์

25 มีนาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น	6
2.1 การวัดปริมาณน้ำฝน	6
2.1.1 เกจวัดน้ำฝน	6
2.1.2 การใช้เรดาร์	8
2.1.3 การใช้ดาวเทียม	8
2.2 หลักการเบื้องต้นการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล	9
2.2.1 ความหมายและกระบวนการ Remote Sensing	9
2.2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	10
2.2.3 พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแผ่รังสี	13
2.2.4 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับวัตถุบนพื้นผิวโลก	17
2.2.6 การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชพรรณ ดิน และน้ำ	19
2.2.7 ระบบบันทึกข้อมูล (Sensor)	21
2.2.8 ระบบดาวเทียมสำรวจทรัพยากร	25
2.2.9 คุณลักษณะข้อมูลดาวเทียม	29
2.2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม	31
2.3 ประวัติดาวเทียม TRMM	35
2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงและสหสัมพันธ์	36
2.4.1 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย	36
2.4.2 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y	37
2.4.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของประชากร	37
2.4.4 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย	38
2.4.5 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย	41
2.5 ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม (Cumulative Density Function)	42
2.5.1 ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม สำหรับตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (DRV)	42
2.5.2 ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม สำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (CRV)	43
บทที่ 3 วิธีคำนวณโครงการ	44
3.1 ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน	44
3.1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM	45
3.1.2 ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัด จากสถานีภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย	48
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS	50
3.2.1 ขั้นตอนการพัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS ของปริมาณน้ำฝน จากดาวเทียม TRMM	50
3.2.2 การปรับข้อมูลน้ำฝนลงพื้นที่ลุ่มน้ำ	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การหาค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM	56
ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	
3.3.1 การนำเข้าสู่สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำท่า ของประเทศไทย	56
3.3.2 ทำการเทียบค่าน้ำฝนจากข้อมูลน้ำฝนของดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งของสถานี	59
3.4 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	62
3.4.1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าน้ำฝนจริง	62
3.4.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจง ความดีแบบสะสม (C.D.F.)	62
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	63
4.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าน้ำฝนจากข้อมูลของดาวเทียม TRMM ที่ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	63
4.2 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน	64
4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	76
4.3.1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าน้ำฝนจริง	76
4.3.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความดี แบบสะสม (Cumulative Density Function, CDF)	84

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	106
5.1 บทสรุป	106
5.2 ข้อเสนอแนะ	108
เอกสารอ้างอิง	110
ภาคผนวก ก ตารางความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัว ของข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM	111
ภาคผนวก ข ตารางความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัว ของข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	112
ภาคผนวก ค เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM และจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	113
ภาคผนวก ง คำนวณฝนจากดาวเทียม TRMM ที่อ่านได้ ณ จุดสถานีภาคพื้นดิน	114
ภาคผนวก จ % CDF กับค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM	115
ภาคผนวก ฉ % CDF กับค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	116
ภาคผนวก ช คำนวณฝนจากดาวเทียม TRMM และค่าน้ำฝน จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ที่ %CDF เดียวกัน	117
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	118

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคุณสมบัติ	12
3.1 พิกัดและชื่อสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน บริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย	49
4.1 ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และ ฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	83
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร ที่ได้จากดาวเทียม TRMM	90
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	97
4.4 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นของปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM และปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน	104
4.5 ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลของปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM และปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน	105



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เกจมาตรฐาน (Standard Gages)	6
2.2 เครื่องบันทึกน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping bucket gage)	7
2.3 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบชั่ง (Weighing gage)	8
2.4 กระบวนการการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล	10
2.5 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)	11
2.6 ช่วงคลื่น (Band) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	11
2.7 ลักษณะการแผ่รังสีของเทหวัตถุสีดำ (Black body) ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	14
2.8 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก (Atmospheric Window)	16
2.9 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นผิวโลก	17
2.10 ลักษณะการสะท้อนพลังงานจากพื้นผิววัตถุเรียบ (Specular reflector) และขรุขระ (Diffuse reflector)	18
2.11 ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของ พืช ดิน และน้ำ	19
2.12 ลักษณะการบันทึกข้อมูลแบบ Across-track multispectral scanning	22
2.13 ลักษณะการบันทึกข้อมูลแบบ Along-track multispectral scanning	22
2.14 แสดงลักษณะการทำงานของระบบเรดาร์	23
2.15 แสดงลักษณะการบินถ่ายภาพของ SLAR	24
2.16 แสดงลักษณะการบินถ่ายภาพของ SAR	25
2.17 การเกิดภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียม	30
2.18 ดาวเทียม TRMM	35
2.19 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y	37
2.20 ลักษณะการกระจายของข้อมูล	38
2.21 ลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น +1	39
2.22 ลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น -1	39
2.23 ลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะมีค่าเป็นบวกและเข้าใกล้ 1	39
2.24 ลักษณะการกระจายของข้อมูลที่ไม่กระจายออกจากกันมากนัก	40
2.25 ตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (CRV)	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย	44
3.2 ค่าพิกัดของข้อมูลบริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย	45
3.3 ข้อมูลที่ต้องกรอก ที่แสดงอยู่บนหน้าเวปไซต์	45
3.4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ได้ออกมาจากเวปไซต์	46
3.5 แยกเซลล์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่นำมาวางออกจากกัน	46
3.6 copy ข้อมูลที่ได้ไปวางไว้ใน Microsoft Excel	47
3.7 หน้าเวปไซต์ที่ใช้ในการแปลงค่าพิกัดจาก Geographic เป็น UTM	47
3.8 ค่าพิกัดที่ได้จากการแปลงค่าพิกัดจาก Geographic เป็น UTM	48
3.9 จุดที่ตั้งสถานีภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย	48
3.10 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	50
3.11 หน้าต่างการใช้งานเริ่มต้นของโปรแกรม ArcGIS	50
3.12 รูปร่าง ลักษณะของโปรแกรม ArcGIS	51
3.13 ข้อมูลที่นำเข้ามาในโปรแกรม ArcGIS จาก Microsoft Excel	51
3.14 ลักษณะหน้าต่างของ Display XY Data	52
3.15 การตัดพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย	53
3.16 ลักษณะลุ่มน้ำน่านที่ตัดออกมาได้	53
3.17 การกำหนดค่าที่ใช้ในการตัดเส้นแม่น้ำลุ่มน้ำน่าน	54
3.18 เส้นแม่น้ำในบริเวณลุ่มน้ำน่าน	55
3.19 แผ่นที่แสดงเส้นแม่น้ำ และพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย	56
3.20 ตำแหน่งสถานีภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่าน ที่นำเข้ามาใน ArcGIS	57
3.21 นำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่าน และจุดสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	57
3.22 ทำการตัดข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ไม่ได้อยู่ในลุ่มน้ำน่านทิ้ง	58
3.23 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ไม่ได้อยู่ในลุ่มน้ำน่าน ที่จะทำการตัดทิ้ง	58
3.24 แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จุดสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และข้อมูลประมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM	59
3.25 แสดงการวัดระยะทางจุดไหนว่าจุดไหนใกล้เคียงมากกว่ากัน โดยใช้เครื่องมือ Measure	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.26 การอ่านค่าปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ณ จุดสถานีภาคพื้นดินต่าง ๆ	61
3.27 นำค่าน้ำฝนที่อ่านได้จากดาวเทียม TRMM ณ จุดสถานีภาคพื้นดิน ไปใส่ไว้ใน Excel	61
4.1 แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	63
4.2 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน	64
4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่ได้จากดาวเทียม TRMM	77
4.4 กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร	84
4.5 กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	91
4.6 กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับปริมาณฝนจาก สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน	98
5.1 การเปรียบเทียบลักษณะของเส้นแนวโน้มของความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียล	109

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

คนไทยในอดีตนิยมวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจากฟ้าโดยใช้เปรียบเทียบกับบาตรพระ เช่น ถังบาตร ครึ่งบาตร เต็มบาตร เพราะหลังจากที่พระสงฆ์ใช้บาตรใส่อาหารในเวลาเช้าแล้ว ก็จะล้างบาตรพระ และหงายบาตรนั้นไว้ เมื่อฝนตกลงมา น้ำจึงลงไปขังอยู่ในบาตร แต่ต่อมาเมื่อชาวต่างชาติได้เข้ามาในประเทศไทย วิธีการจึงเปลี่ยนแปลงไป คือ จะใช้วิธีการวัดความสูงของน้ำในเครื่องวัดแทนการใช้ปริมาณน้ำ สมมุติฐานที่สำคัญคือ ไม่ว่าฝนจะตกลงในลักษณะรูปทรงกระบอกขนาดกว้างพอ ในบริเวณใดของพื้นที่ศึกษา ความสูงของน้ำฝนในเครื่องวัดจะมีค่าเท่ากัน วิธีที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น ใช้ไม้บรรทัดวัดความสูงของน้ำฝนที่ขังอยู่ในภาชนะโดยตรง ใช้เครื่องวัดน้ำฝนธรรมดา โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อน้ำฝนเพิ่มขึ้น น้ำหนักจะมากขึ้น สปริงจะยุบตัวลง ทำให้ปากกาที่ทำงานสัมพันธ์กับแท่นสปริงเลื่อนลงตามเขียนเป็นลายเส้นแผนภูมิบนแผ่นกระดาษ เป็นต้น

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความทันสมัยและเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว รวมทั้งเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวัดปริมาณน้ำฝนด้วยเช่นกัน ทุกวันนี้เราสามารถวัดปริมาณน้ำฝนได้โดยใช้ดาวเทียม เช่น ดาวเทียม TRMM เป็นต้น มันจึงเป็นเหตุที่ทำให้ต้องการทราบถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM กับปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีภาคพื้นดินว่าเป็นอย่างไร เพื่อจะได้ทราบถึงความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนทั้งสองตำแหน่งว่ามีความคลาดเคลื่อนกันมากน้อยเพียงใด และมีความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นอย่างไร ถ้าหากมีความคลาดเคลื่อนกันไม่มาก เราก็สามารถใช้ค่าปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ได้ ในบริเวณที่ขาดแคลนสถานีวัดน้ำฝนบนภาคพื้นดิน เช่น บริเวณเขตที่มีภูเขาสูง ๆ บริเวณที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาที่บ เป็นต้น ซึ่งก็จะทำให้เราทราบถึงปริมาณน้ำฝนได้ทั่วทุกบริเวณที่เราต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM และข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อจะได้ทราบถึงความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนทั้งสองตำแหน่งว่ามีความคลาดเคลื่อนกันมากน้อยเพียงใด และมีความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นอย่างไร ถ้าหากมีความคลาดเคลื่อนกันไม่มาก ก็สามารถใช้ค่าปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ได้ ในบริเวณที่ขาดแคลนสถานีวัดน้ำฝนบนภาคพื้นดิน เช่น บริเวณเขตที่มีภูเขาสูง ๆ บริเวณที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาทึบ เป็นต้น ซึ่งก็จะทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำฝนได้ทั่วทุกบริเวณที่เราต้องการ

1.4 ขอบเขตการทำโครงการ

ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM และข้อมูลน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ในพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่าน ของประเทศไทย ซึ่งใช้ค่าปริมาณของฝนที่เก็บสะสมทุก ๆ 1 วัน เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 เดือน คือ ในช่วงเดือน พฤษภาคม – เดือนตุลาคมของปี พ.ศ. 2553

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการค้นหาข้อมูลและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM โดยนำข้อมูลมาจาก <http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/realtime.3B42RT.2.shtml> และข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งใช้ปริมาณของฝนที่เก็บสะสมทุก ๆ 1 วัน เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 เดือน คือ ในช่วงเดือน พฤษภาคม – เดือนตุลาคมของปี พ.ศ. 2553 พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา คือ พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่าน ของประเทศไทย จากนั้นทำการประมาณค่าน้ำฝนในตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดินจากข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากดาวเทียม TRMM โดยการเทียบข้อมูลน้ำฝนของดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งจะใช้น้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ในจุดที่ใกล้เคียงที่สุดกับจุดสถานีภาคพื้นดิน เพื่อที่จะนำค่าน้ำฝน ณ ตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดิน ที่ประมาณค่าได้จากดาวเทียม TRMM นั้นไปหาความสัมพันธ์กับค่าน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีภาคพื้นดินจริง ๆ โดยใช้การวิเคราะห์แบบการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ในโปรแกรม Microsoft Office Excel 2007 เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM กับ ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM
2. ทำการศึกษาโปรแกรม ArcGIS
3. ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีภาคพื้นดิน

4. นำข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และจากสถานีภาคพื้นดินที่ได้มา ไปพัฒนาเป็นฐานข้อมูลในโปรแกรม ArcGIS

5. ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)

6. ทำการเทียบค่าน้ำฝนจากข้อมูลของดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ จุดที่ใกล้เคียงที่สุดกับจุดสถานีภาคพื้นดิน

7. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ได้มาจากการเทียบจุดที่สถานีวัดน้ำฝนนั้นใกล้เคียงกับค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM มากที่สุด กับค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และสรุปผล

8. ทำรายงานและส่งรายงานฉบับโครงร่างพร้อมทั้งทำการปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่

9. ทำการแก้ไขรายงานแล้วเสร็จพร้อมส่งรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM																				
2. ทำการศึกษาโปรแกรม ArcGIS																				
3. ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีภาคพื้นดิน																				

กิจกรรม	เดือน	พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4. นำข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และจากสถานีภาคพื้นดินที่ได้มาไปพัฒนาเป็นฐานข้อมูลใน ArcGIS																					
5. ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)																					
6. ทำการเทียบค่าน้ำฝนจากข้อมูลของดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ จุดที่ใกล้เคียงที่สุดกับจุดสถานีภาคพื้นดิน																					
7. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ได้มาจากการเทียบจุดที่สถานีวัดน้ำฝนนั้นใกล้เคียงกับค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM มากที่สุดกับค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และสรุปผล																					

กิจกรรม	เดือน	พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
8. ทำรายงานและส่งรายงานฉบับ โครงร่างพร้อมทั้งทำการ ปรับปรุงแก้ไข																					
9. ทำการแก้ไขรายงานแล้ว เสร็จพร้อมส่งรายงานฉบับ สมบูรณ์																					

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

- ค่าจัดทำเอกสารจำนวน 4 ชุดพร้อมแผ่นซีดี 1,500 บาท
- ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์ 500 บาท

รวมค่าใช้จ่าย 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

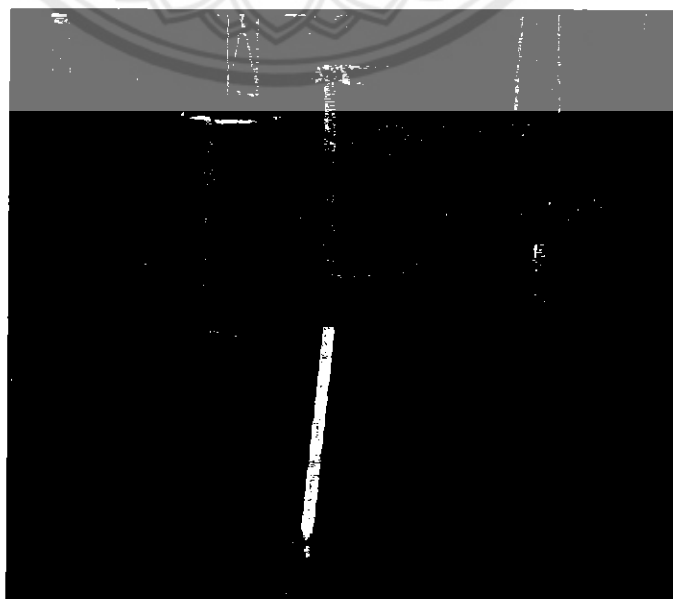
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การวัดปริมาณน้ำฝน

ได้มีการพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคในการวัดปริมาณน้ำฝนหลายวิธีด้วยกัน สิ่งที่สำคัญคือ จะต้องได้ปริมาณน้ำฝนและอัตราการตกของฝน นอกจากนี้ก็ควรจะทราบถึงระยะเวลาที่ฝนตกด้วย ข้อมูลน้ำฝนจะวัดกันในหน่วยความลึก ซึ่งจะสะสมบนพื้นราบ

2.1.1 เกจวัดน้ำฝน แบ่งเป็นหลายแบบด้วยกันคือ

2.1.1.1 เกจมาตรฐาน (Standard Gages) แบบนี้จะทราบปริมาณของฝนที่ตกในครั้งหนึ่งเท่านั้น ถ้ารีบไปวัดหลังจากฝนตกแล้ว แต่ถ้ารอให้ครบ 24 ชั่วโมงถึงไปวัด ข้อมูลที่ได้ อาจมาจากฝนที่ตกมากกว่าหนึ่งครั้ง และไม่ทราบอัตราการตกของฝน เครื่องมือดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.1.1.1 ตามรูปจะมีส่วนรับน้ำฝน ขอบจะลาดให้เป็นแนวเอียง เพื่อให้ตรงปลายบางแต่ไม่คม น้ำฝนที่ตกลงในส่วนนี้จะไหลลงกระบอกวัด ทั้งสองส่วนนี้จะอยู่ภายในภาชนะทรงกระบอกใหญ่อีกอันหนึ่ง ถ้าฝนตกหนักมาก น้ำจากกระบอกวัดจะล้นลงในภาชนะทรงกระบอกนี้ เพื่อให้เครื่องมือตั้งอย่างมั่นคงก็จะมีขาตั้งรองรับอีกครั้งหนึ่ง กระบอกวัดจะถูกออกแบบให้มีพื้นที่เล็กกว่าตัวรับ 10 เท่า ดังนั้นจึงสามารถวัดปริมาณน้ำฝนได้ละเอียดถึง 0.1 มม. ไม่บรרכתในรูปใช้วัดปริมาณน้ำในกระบอกวัด สำหรับเครื่องวัดรุ่นใหม่มจะเทียบไว้เลยบนกระบอกวัด โดยไม่จำเป็นต้องไปคำนวณอีกแต่อย่างใด ขนาดมาตรฐานของเกจแบบนี้คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 20.3 ซม. (8 นิ้ว)



รูปที่ 2.1 เกจมาตรฐาน (Standard Gages)

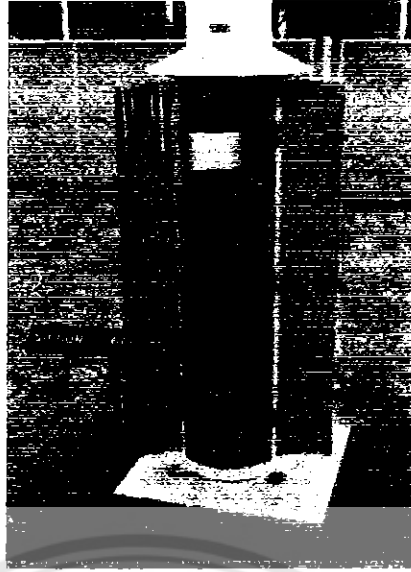
2.1.1.2 เกจบันทึก (Recording Gages) เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบนี้จะให้ข้อมูล ทั้งปริมาณและการกระจายของปริมาณฝนในช่วงเวลาที่ฝนตก ทำให้สามารถทราบอัตราการตกของ ฝน เวลาก่อนและหลังฝนตก เครื่องมือแบบนี้มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ แบบถ้วยกระดก (Tipping bucket gage) แบบชั่ง (Weighing gage) และแบบลอย (Float gage)

เกจแบบถ้วยกระดก น้ำฝนเมื่อผ่านลงมาในถ้วยรับแล้ว จะไหลลงไปยัง ถ้วยเล็ก ๆ (มีสองใบติดกัน) น้ำฝนจำนวน 0.25 มม. จะเต็มถ้วยนี้ ซึ่งจะถ่วงให้กระดกเทน้ำ ลงในถังเก็บด้านล่าง เมื่อดั้วที่มีน้ำกระดกจะทำให้อีกถ้วยหนึ่งกระดกขึ้นแทนที่ เพื่อรองรับน้ำ การกระดกแต่ละครั้งจะมีเครื่องบันทึก ลักษณะเป็นทรงกระบอกหมุนมีกระดาษพันรอบ มีปากกา ทำหน้าที่บันทึกในลักษณะเส้นกราฟ ในกรณีที่ฝนตกหนักอาจผิดพลาด เนื่องจากน้ำล้นถ้วย อัตรา การตกของฝนจะเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับการกระดกครั้งหนึ่ง ๆ รูปที่ 2.1.1.2 (1)



รูปที่ 2.2 เครื่องบันทึกน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping bucket gage

แบบชั่งน้ำหนัก แบบนี้ก็คล้ายกับแบบถ้วยกระดกแต่จะได้ข้อมูลที่ดีกว่า เนื่องจากข้อมูลจะเป็นแบบต่อเนื่องไปตลอดในลักษณะสะสม ดังนั้น การหาอัตราการตกของฝน จะหาช่วงเวลาไหนก็ได้ เพราะทราบน้ำหนักสะสมของฝนที่แท้จริงในช่วงเวลานั้น ซึ่งต่างจากแบบ ถ้วยกระดก รูปที่ 2.1.1.2 (2) ความเสียดทานเป็นปัญหาของเครื่องแบบนี้



รูปที่ 2.3 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบชั่ง (Weighing gage)

แบบลอย เครื่องมือลักษณะนี้มีอยู่หลายแบบด้วยกันคือ แบบหนึ่งก็คือตัวถูกลอยจะลอยขึ้นตามปริมาณน้ำฝน เมื่อน้ำเต็มที่วัดก็ถูกเททิ้งไปโดยอัตโนมัติ แต่บางอันต้องมีเจ้าหน้าที่คอยดูแล อีกแบบหนึ่งตัวรับน้ำฝนจะลอยอยู่ในอ่างน้ำมันหรือปรอท เมื่อมีฝนตกความดันจะเพิ่มเนื่องจากน้ำหนักของฝนทำให้ระดับของน้ำมันหรือปรอทเพิ่มขึ้น

ลมเป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้ข้อมูลผิดพลาด ดังนั้นจึงได้มีการสร้างที่กำบังลม (Shield) เป็นซี่ล้อมรอบเครื่องวัด โดยตัวกำบังลมอยู่เสมอรอบเครื่องวัด

2.1.2 การใช้เรดาร์ (Radar Measurement) วิธีนี้เรดาร์จะส่งคลื่นที่มีลักษณะเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยส่งออกไปรอบตัวตามการหมุนของเสาอากาศ คลื่นที่วิ่งออกไป เมื่อกระทบกับกลุ่มเมฆหรือฝน บางส่วนจะมีการสะท้อนกลับซึ่งรับไว้โดยงานเสาอากาศอันเดียวกัน พลังงานที่คืนมา (Returned power) จะแสดงอยู่บนจอของเครื่องควบคุม ซึ่งเรียกว่าการก้อง (Echo) อาการก้องนี้จะสว่างมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพลังงานที่คืนมา ซึ่งก็คือการวัดการสะท้อนจากสถานะอากาศ การสะท้อนกลับจะขึ้นอยู่กับ การกระจายของขนาดหยดน้ำในอากาศ ปริมาณหยดน้ำต่อหน่วยปริมาตร สถานะทางกายภาพ เช่นเป็นผลึกน้ำแข็งหรือเป็นหยดน้ำ รูปร่างของส่วนย่อย เป็นต้น เวลาที่ใช้ตั้งแต่ส่งสัญญาณออกไปจนกระทั่งรับกลับมา จะแสดงถึงระยะทางซึ่งสามารถวัดได้ในช่วง 230 กิโลเมตร ส่วนทิศทางสามารถหาได้จากการวางตัวของงานเสาอากาศ ซึ่งเห็นได้จากจอควบคุม การดูคลื่นของกลุ่มเมฆ หรืออาจจะเป็นการกระจายเมื่อสัญญาณกระทบกับหยดน้ำฝน

2.1.3 การใช้ดาวเทียม การศึกษาบ่งชี้ของพื้นที่กว้างมาก (Global Scale) ย่อมต้องการข้อมูลเหนือพื้นดินด้วย ซึ่งข้อมูลจากโครงข่ายแบบนี้จะไม่พอเพียงและไม่มีถ้าเป็นเหนือมหาสมุทร ได้มีผู้เสนอว่าให้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมตรวจอากาศเพื่อประเมินฝนในช่วงหนึ่งเดือน

หรือนานกว่า การประเมินจะต้องวิเคราะห์จากจำนวนและชนิดของเมฆและโอกาสที่ฝนจะตก ได้มีการพยายามที่จะใช้เรดาร์ประกอบแต่ก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นในอนาคตจึงต้องมีการพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคเพื่อให้ได้คำตอบที่มีเหตุผลเพียงพอ

2.2 หลักการเบื้องต้นการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing)

เทคโนโลยีการสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียม หรือการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing) ในประเทศไทย ได้เริ่มขึ้นอย่างจริงจัง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2514 โดยคณะรัฐมนตรี ได้มีมติแต่งตั้งคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการประสานงานกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ประกอบด้วยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากหน่วยงานต่าง ๆ รวมทั้งได้อนุมัติให้เข้าร่วมโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NA SA) ในการใช้ประโยชน์ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ดวงแรก ได้แก่ LANDSAT-1 โดยตั้งเป็นโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ภายใต้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ซึ่งต่อมาภายหลังได้รับการยกฐานะขึ้นเป็นกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ในปี พ.ศ. 2522 และโดยที่ได้มี หน่วยงานต่าง ๆ นำเอาข้อมูลดาวเทียมไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ดังนั้น กรม. จึงได้อนุมัติให้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จัดตั้งสถานีรับสัญญาณดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ขึ้นมาในปี พ.ศ. 2523 เพื่อทำหน้าที่ในการรับและผลิตข้อมูลดาวเทียม นับเป็นสถานีแห่งแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยในปัจจุบันกิจกรรมเหล่านี้ได้โอนไปอยู่ภายใต้หน่วยงานสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ซึ่งตั้งขึ้น เมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543

ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรเหล่านี้ได้นำไปใช้งานในการสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม ในหลายสาขา อาทิเช่น การใช้ที่ดิน การป่าไม้ การเกษตร ธรณีวิทยา อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้รับการพัฒนา ทั้งทางด้านบุคลากรและเครื่องมือ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.1 ความหมายและกระบวนการ Remote Sensing

" Remote Sensing " เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล (Sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) เป็นสื่อในภาษาไทย Remote Sensing มีหลายคำที่ใช้กันอยู่ ได้แก่ " การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล " " การสำรวจข้อมูลด้วยดาวเทียม " " การรับรู้จากระยะไกล " " โทรสัมผัส " และ " โทรมิตส์ " เป็นต้น โดยคำที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและเป็นทางการ คือ " การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล "

สำหรับกระบวนการการสำรวจข้อมูลระยะไกล ประกอบด้วยสองกระบวนการหลัก

2.2.1.1 การรับข้อมูลและบันทึกสัญญาณข้อมูล (Data acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) จากแหล่งกำเนิดพลังงาน (ดวงอาทิตย์) (ก) เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (ข) เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณ์พื้นผิวโลก (ค) และเดินทางเข้าสู่อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) ที่ติดตั้งในตัวยาน (Airborne or Spaceborne) (ง) และถูกบันทึก และผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ (Sensor Data in Pictorial หรือ Photograph) และ / หรือรูปแบบเชิงตัวเลข (Digital Form) (จ)

2.2.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วยการแปลความข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) และการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Digital Analysis) (ฉ)



รูปที่ 2.4 กระบวนการการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

2.2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

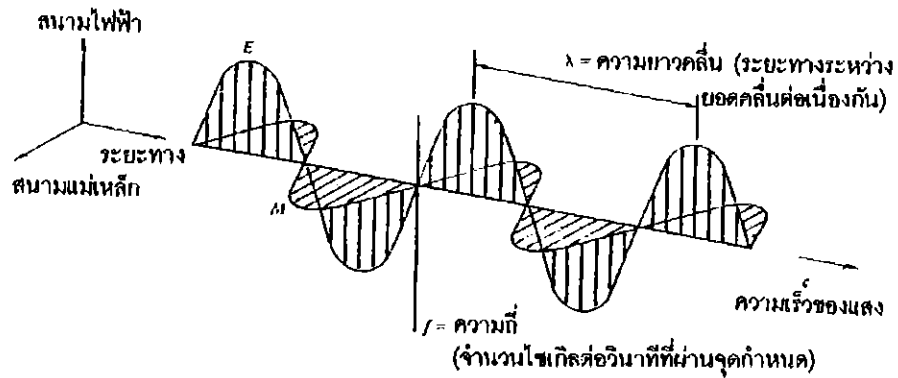
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวของช่วงคลื่นหลายเมตรถึงเศษส่วนของพันล้านเมตร (Nanometer ; 10⁻⁹ ม) โดยดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในรูปแบบแม่เหล็กไฟฟ้าทางธรรมชาติที่สำคัญและเป็นหลักทางการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ซึ่งจะแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่น (Wave Theory) ที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิก (Harmonic) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่งมีความเร็วเท่าแสง (c) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น (λ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลาเรียกว่า ความถี่คลื่น (f) (รูปที่ 2.2.2 (1)) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วคลื่น คือ

$$\lambda = cf$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่น (mm)

c = ความเร็วของแสงมีค่าคงที่ (3 x 10⁸ ม. / วินาที)

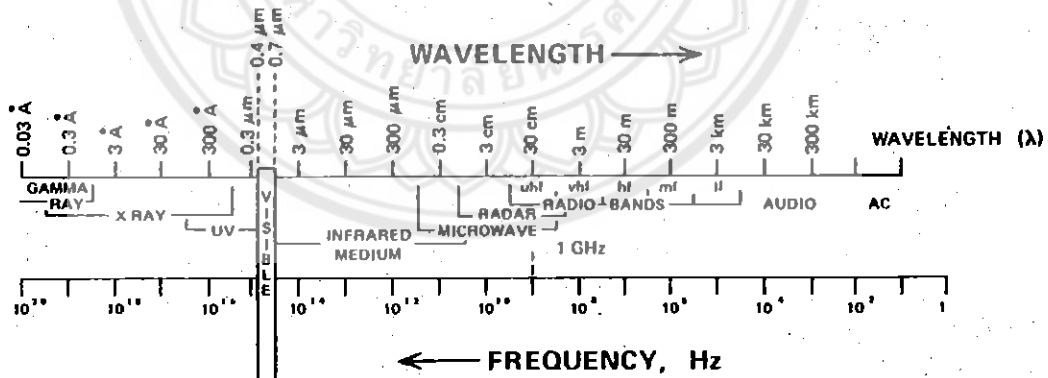
$$f = \text{ความถี่ของคลื่น (รอบ / วินาที หรือ Hertz)}$$



รูปที่ 2.5 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

ความยาวคลื่นและความถี่คลื่น มีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมาก ความถี่จะน้อย ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดเรียกว่า ไมโครมิเตอร์ (Micrometer , mm) หรือ ไมครอน (Micron , μ) ซึ่งเท่ากับ 0.000001 ม. หรือ 10⁻⁶ ม.

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งออกได้ตามความยาวของคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10⁻¹⁰ ไมครอน จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่นประกอบไปด้วยช่วงคลื่นตามลำดับของความยาวดังนี้ รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ อัลตราไวโอเล็ต ตามองเห็นอินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ (รูปที่ 2.2.2 (2) และตารางที่ 2.2.2)



รูปที่ 2.6 ช่วงคลื่น (Band) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

โดยช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบในการสำรวจข้อมูลระยะไกล แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.2.1 ช่วงคลื่นเชิงแสง (Optical Wavelength) อยู่ระหว่าง 0.4 - 14

ไมครอน ซึ่งสามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป และอุปกรณ์บันทึกภาพ (Sensor) โดยประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นที่มีผลตอบสนองต่อตาของมนุษย์ หรือช่วงคลื่นแสงสว่าง (Visible

light) อยู่ระหว่าง 0.4 - 0.7 ไมครอน แบ่งเป็น 3 ช่วงคือ น้ำเงิน เขียว และแดง ถัดมาเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดช่วงใกล้ (Near Infrared) หรืออินฟราเรดสะท้อนแสงระหว่าง 0.7 - 3 ไมครอน และอินฟราเรดช่วงความร้อน (Thermal Infrared) ระหว่าง 3 - 15 ไมครอน

2.2.2.2 ช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Wavelength) อยู่ระหว่าง 1 มม - 1 มม. โดยช่วงคลื่นในกลุ่มนี้ จะเรียกหน่วยนับเป็นหน่วยความถี่ ต่างจากกลุ่ม Optical ที่มีหน่วยเป็นความยาวคลื่น ที่รู้จักกันดีก็คือระบบเรดาร์ (RADAR) ซึ่งจะทำการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 3 - 12.5 GHz (ความยาวคลื่นระหว่าง 2.4 - 100 เซนติเมตร) ซึ่งสามารถแบ่งเป็น แบนด์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

- X - band ความถี่ 8 - 12.5 GHz หรือ ความยาวคลื่น 2.4 - 3.75 ซม.
- C - band ความถี่ 4 - 8 GHz หรือ ความยาวคลื่น 3.75 - 7.5 ซม.
- S - band ความถี่ 2 - 4 GHz หรือ ความยาวคลื่น 7.5 - 15 ซม.
- L - band ความถี่ 1 - 2 GHz หรือ ความยาวคลื่น 15 - 30 ซม.
- P - band ความถี่ 0.3 - 1 GHz หรือ ความยาวคลื่น 30 - 100 ซม.

ตารางที่ 2.1 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคุณสมบัติ

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma ray)	< 0.03 ไมครอน	รังสีแกมมาถูกดูดซับทั้งหมดโดยบรรยากาศชั้นบน
รังสีเอ็กซ์ (X - ray)	0.03 - 3.1 ไมครอน	รังสีเอ็กซ์เรย์ถูกดูดซับทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบน
รังสีเหนือม่วงหรือรังสีอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet)	0.03 - 0.4 ไมครอน	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 ไมครอน ถูกดูดซับทั้งหมดโดยโอโซน (O3) ในบรรยากาศชั้นบน
ช่วงคลื่นไวโอเลตภาพถ่าย (Photographic UV band)	0.3 - 0.4 ไมครอน	ช่วงคลื่นสามารถผ่านชั้นบรรยากาศ สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายภาพแต่การกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรคมาก
ช่วงคลื่นตามองเห็นได้ (Visible)	0.4 - 0.7 ไมครอน	บันทึกภาพด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพได้รวมทั้งช่วงคลื่นโลกมีการสะท้อนพลังงานสูงสุด (reflected energy peak) ที่ 0.5 ไมครอน ช่วงคลื่นแคบที่มีผลคอมบองสายตามนุษย์แบ่งได้ 3 ช่วงย่อยคือ 0.4-0.5 ไมครอนสีน้ำเงิน 0.5-0.6 ไมครอน สีเขียว 0.6-0.7 ไมครอน สีแดง
อินฟราเรด (Infrared)	0.7 - 1.00 ไมครอน	มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุตามความยาวคลื่นและการผ่านชั้นบรรยากาศ มีการดูดซับในบางช่วงคลื่น
ช่วงคลื่นอินฟราเรดชนิดสะท้อน (Reflected IR band)	0.7-3.0 ไมครอน	สะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับช่วงความร้อนของวัตถุช่วงคลื่น 0.7-0.9 ไมครอน สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์ม เรียกว่า ช่วงคลื่นอินฟราเรด photographic IR band
ช่วงคลื่นอินฟราเรดชนิดความร้อน (Thermal IR band)	3-5 ไมครอน 8-14 ไมครอน	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ เช่น scanners
ไมโครเวฟ (Microwave)	0.1-30 cm	ช่วงคลื่นยาวสามารถทะลุผ่านหมอกและฝนได้บันทึกภาพได้ที่ระบบ active และ passive
เรดาร์ (Radar)	0.1-3.0 cm	ระบบ active มีความยาวช่วงคลื่นต่างๆ เช่น Ka band (10 mm), X band (30 มม.) และ L band (25 ซม.)
วิทยุ (Radio)	> 30 cm	ช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด บางครั้งมีเรดาร์อยู่ในช่วงนี้ด้วย

2.2.3 พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแผ่รังสี (Energy and Radlation)

2.2.3.1 ทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory)

การอธิบายลักษณะพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายังสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory) กล่าวคือ การแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) หรือ ควันตา (Quanta) พลังงานของแต่ละควันตาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่น ดังนี้

$$E = hf$$

โดยที่ E = พลังงานของ 1 quantum มีหน่วยเป็น Joules

h = ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant) = 6.626×10^{-34} J.sec

f = ค่าความถี่คลื่น

หรืออาจจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความยาวคลื่น ได้ดังนี้

$$E = hc / \lambda$$

ดังนั้นพลังงานจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น คือ ความยาวคลื่นมากจะให้พลังงานต่ำ ดังนั้นถ้าวัตถุโคส่งพลังงานช่วงคลื่นยาว เช่น ไมโครเวฟ การตรวจรับพลังงานโดยอุปกรณ์ทางการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลในช่วงคลื่นนี้จะยากกว่าการตรวจรับพลังงานในช่วงคลื่นสั้น ดังนั้นถ้าต้องการบันทึกพลังงานช่วงคลื่นยาวจะต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้างและใช้เวลาในการบันทึกนานพอ

ก. Stefan – Boltzmann Law

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล อย่างไรก็ตาม สสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า องศาสมบูรณ์ (0 องศา K หรือ - 273 องศา C) จะสามารถเปล่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีขนาดและส่วนประกอบของช่วงคลื่นแตกต่างกันไป ซึ่งพลังงานที่วัตถุแผ่ออกมามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของผิววัตถุ สามารถคำนวณได้จาก กฎของ Stefan Boltzmann ดังนี้

$$W = \sigma T^4$$

โดยที่ W = พลังงานทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากผิววัตถุ Wm^{-2}

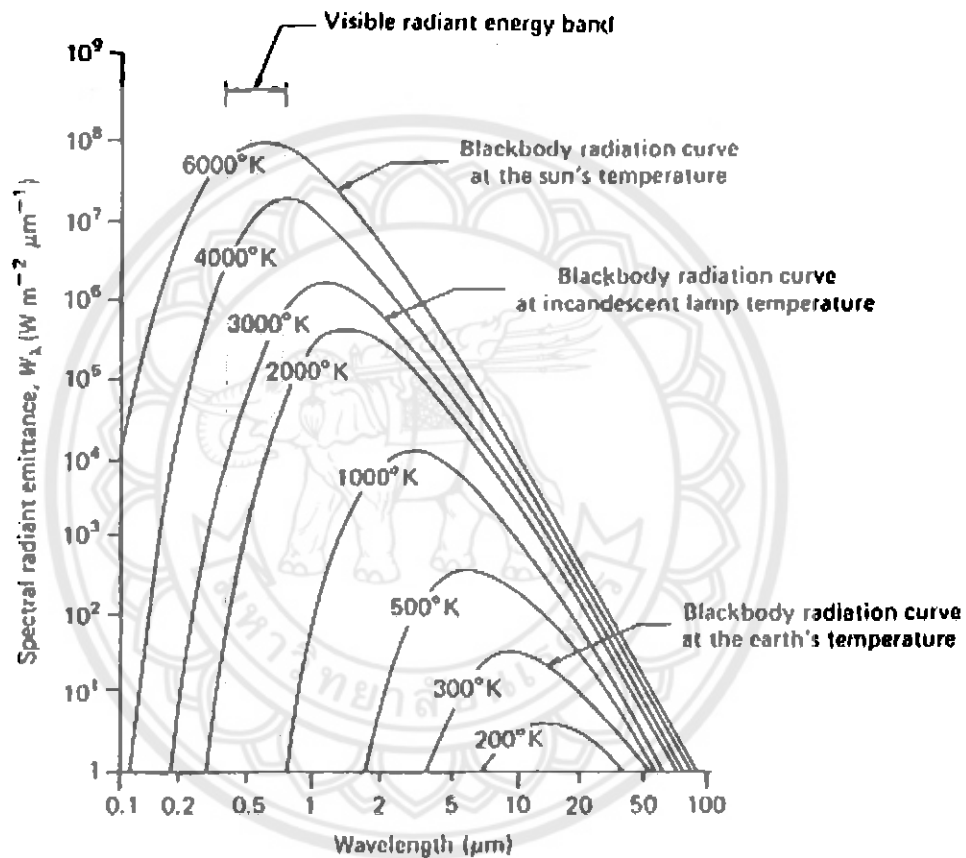
σ = ค่าคงที่ Stefan – Boltzmann ; $5.6697 \times 10^{-8} Wm^{-2}.K^{-4}$

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ $^{\circ}K$

การแผ่พลังงานทั้งหมดจากวัตถุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์กำลัง 4 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าพลังงานที่ออกมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

โดยกฎนี้จะใช้ได้กับวัตถุที่มีลักษณะเรียกว่า เทหวัตถุสีดำ (Black Body) ซึ่งเป็นวัตถุสมมุติที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนพลังงานทั้งหมด ที่มาตกกระทบ (Incident energy) และจะแผ่พลังงานออกไปได้สูงสุด ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งในความเป็นจริงไม่มีวัตถุใดที่มี

สภาพแบบนี้ มีเพียงใกล้เคียงเท่านั้น โดยพลังงานที่แผ่ออกไปจะแปรผันกับอุณหภูมิของวัตถุและความยาวช่วงคลื่น และมีการกระจายตัวของสเปกตรัมแตกต่างกันไป (รูปที่ 2.2.3.1 (ก)) ซึ่งวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะให้พลังงานออกมาสูงกว่า โดยเอียงไปทางด้านที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า เช่น ที่อุณหภูมิผิวดวงอาทิตย์ (6000°K) Black body จะปล่อยพลังงานสูงสุด ที่ช่วงคลื่นแสงสว่าง (visible band) ในขณะที่ ณ อุณหภูมิผิวโลก (300°K) จะปล่อยพลังงานสูงสุด ที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared band) เป็นต้น



รูปที่ 2.7 ลักษณะการแผ่พลังงานของเทหวัตถุสีดำ (Black body) ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

ข. Planck Law

เราสามารถคำนวณหาพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ ณ ความยาวคลื่นที่กำหนดได้จาก กฎของ Planck ดังนี้

$$W_{\lambda} = C_1 \lambda^{-5} [\exp(C_2 / \lambda T)]^{-1}$$

โดยที่ $C_1 =$ ค่าคงที่ $3.74 \times 10^{-16} \text{ W.m}^2$

$C_2 =$ ค่าคงที่ $1.44 \times 10^{-2} \text{ m.}^{\circ}\text{K}$

$T =$ อุณหภูมิ $^{\circ}\text{K}$

ก. Wien's Displacement Law

จะเห็นได้ว่าพลังงานที่ออกมาจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ และความยาวช่วงคลื่น ดังนั้นเมื่อทราบอุณหภูมิก็สามารถคำนวณหาความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุดได้จากกฎการแทนที่ของเวียน (Wien's Displacement Law) ดังนี้

$$\lambda_m = C/T$$

โดยที่ λ_m = ความยาวคลื่นที่จะให้พลังงานสูงสุด

$$C = \text{ค่าคงที่ } 2.898 \times 10^{-3} \text{ m. } ^\circ \text{K}$$

ตัวอย่างเช่น ที่พื้นผิวโลก มีอุณหภูมิ $300 \text{ } ^\circ \text{K}$ ดังนั้น

$$\lambda_m = (2.898 \times 10^{-3}) / 300 \text{ m.}$$

$$= 0.00966 \text{ m. หรือ}$$

$$= 9.66 \mu \text{ (ช่วงคลื่น thermal infrared)}$$

2.2.4 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ (Energy Interaction in the Atmosphere)

คลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ แล้วสะท้อนกลับสู่บรรยากาศก่อนที่จะถูกบันทึกโดยอุปกรณ์สำรวจ บรรยากาศของโลกจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นพลังงานในด้านทิศทาง ความเข้ม ตลอดจนความยาวและความถี่ของช่วงคลื่นเพราะชั้นบรรยากาศประกอบด้วยฝุ่นละออง ไอ้ น้ำ และก๊าซต่าง ๆ ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับคลื่นพลังงาน 3 กระบวนการคือ การกระจัดกระจาย (Scattering) การดูดซับ (Absorption) และการหักเห (Refraction) ทำให้ปริมาณพลังงานตกกระทบผิวโลกน้อยลง

2.2.4.1 การกระจัดกระจาย (Scattering)

เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็ก ๆ ในบรรยากาศมีทิศทางการกระจายไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค และความยาวคลื่น ซึ่งแยกได้ 3 ประเภท ดังนี้

ก. Rayleigh Scattering เกิดขึ้นเนื่องจากขนาดของอนุภาคมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าความยาวคลื่นที่ตกกระทบ ทำให้เกิดสภาวะหมอกควัน (Haze) ส่งผลให้ความคมชัดของภาพลดลง

ข. Mie Scattering เกิดขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เช่น ไอ้ น้ำ ฝุ่นละออง เกิดในความยาวของช่วงคลื่นยาวกว่าแบบแรก

ค. การกระจัดกระจายแบบไร้ระบบ (Nonselective Scattering) เกิดขึ้นเมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า ความยาวคลื่นที่ตกกระทบ เช่น หยกน้ำ หรือเมฆ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาค 5 – 10 ไมครอน จะสะท้อนความยาวคลื่นตามองเห็น (Visible Wave length) และคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (Reflected Infrared) ได้เกือบ

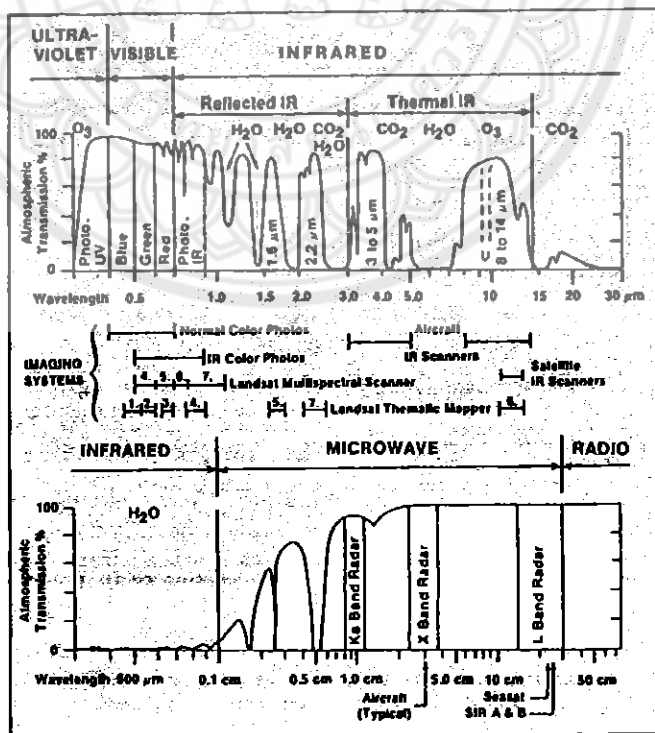
เท่ากัน ซึ่งในช่วงความยาวคลื่นตามมองเห็น ปริมาณของคลื่นต่าง ๆ เช่น น้ำเงิน สีขาว และช่วงคลื่นสะท้อนทุกทิศทางเท่ากัน ทำให้มองเห็นเมฆเป็นสีขาว

2.2.4.2 การดูดซับ (Absorption)

การดูดซับทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน การดูดซับพลังงานจะเกิดขึ้นที่ความยาวของคลื่นบางช่วง สารที่ดูดซับพลังงานที่สำคัญในบรรยากาศได้แก่ ไออน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน เนื่องจากสารเหล่านี้จะดูดซับพลังงานที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ ดังนั้นจะมีบางช่วงคลื่นที่สามารถทะลุทะลวง หรือผ่านชั้นบรรยากาศลงมาถึงผิวโลกได้เรียกว่า หน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric Window , รูปที่ 2.2.4.2) ซึ่งมีหน้าต่างบรรยากาศในช่วงความยาวคลื่นตามมองเห็น (0.3 - 0.7 mm) และช่วงอินฟราเรดสะท้อนกับอินฟราเรดช่วงความร้อน ช่วงของหน้าต่างบรรยากาศเหล่านี้จะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องระบบอุปกรณ์บันทึกภาพให้สัมพันธ์กับการสะท้อนของช่วงคลื่นต่าง ๆ

2.2.4.3 การหักเห (Refraction)

เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านบรรยากาศที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการหักเหกำหนดโดยค่าดัชนีของการหักเห ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสุญญากาศกับความเร็วของแสงในชั้นบรรยากาศ ทำให้มีผลต่อการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ปรากฏบนภาพ แต่สามารถปรับแก้ไขได้โดยกระบวนการปรับแก้ภาพภายหลัง



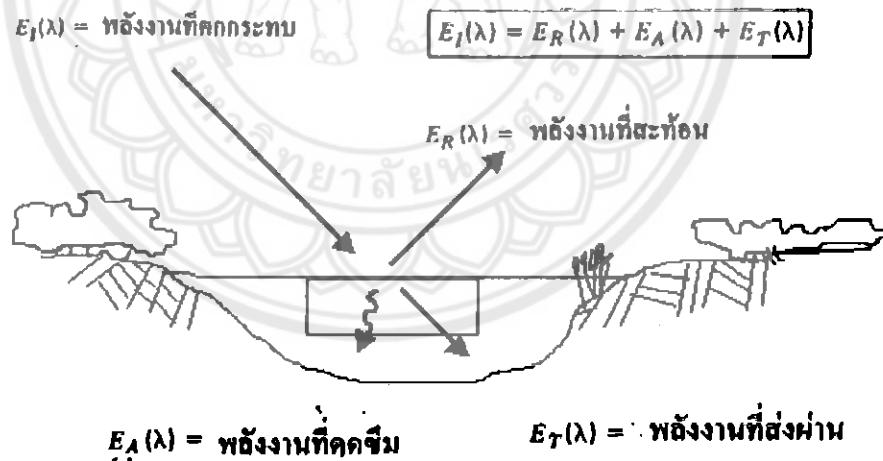
รูปที่ 2.8 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก (Atmospheric Window)

2.2.5 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับวัตถุนบนพื้นผิวโลก (Energy Interaction with Earth Surface Features)

เมื่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศมาตกกระทบพื้นผิวโลก จะเกิดปฏิกิริยา 3 อย่างคือ การสะท้อนพลังงาน (Reflection = ER) การดูดซับพลังงาน (Absorption = EA) และการส่งผ่านพลังงาน (Transmission = ET) อันเป็นปรากฏการณ์สำคัญในการสำรวจระยะของวัตถุนบนพื้นผิวโลก (รูปที่ 2.2.5 (1)) ซึ่งเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์พลังงาน (Energy Balance Equation) ได้ดังนี้

$$EI (1) = ER (1) + EA (1) + ET (1)$$

เมื่อ $EI (1) =$ พลังงานตกกระทบ (Incident Energy) ซึ่งได้รับจากแหล่งพลังงาน สัดส่วนของการดูดซับ การส่งผ่าน การสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุซึ่งทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุในภาพถ่ายได้ นอกจากนี้ในวัตถุเดียวกันสัดส่วนของการเกิดปฏิกิริยาทั้งสามนี้จะแตกต่างกันตามความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบอีกด้วย วัตถุสองชนิดอาจจะไม่แตกต่างกันในช่วงคลื่นหนึ่ง แต่จะสามารถแยกจากกันได้ไปอีกช่วงคลื่นหนึ่ง ในส่วนสายตามองเห็น ความแตกต่างทางด้านเชิงคลื่นรังสีของวัตถุจะแสดงให้เห็นในรูปของสีต่าง ๆ เช่น การที่เราเห็นวัตถุเป็นสีเขียว เนื่องจากวัตถุนั้นสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียวมาก



รูปที่ 2.9 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นผิวโลก

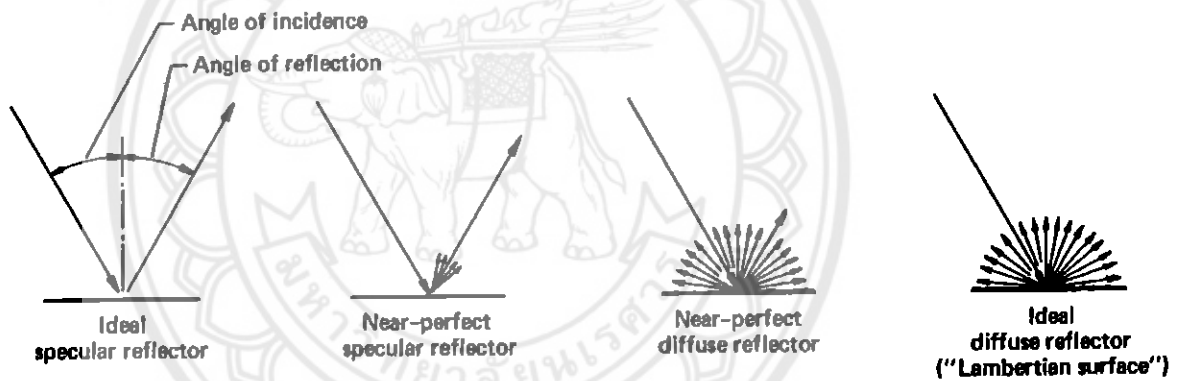
เนื่องจากระบบบันทึกพลังงานส่วนใหญ่จะบันทึกอยู่ในช่วงของพลังงานสะท้อน (Reflected Energy) นั่นคือบันทึกพลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุ ดังนั้นการศึกษาเพื่อแยกชนิดของวัตถุจึงเป็นการ ศึกษาการสะท้อนพลังงานของวัตถุซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$ER (1) = EI (1) - [EA (1) + ET (1)]$$

พลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุมีค่าเท่ากับพลังงานที่กระทบวัตถุ ลบด้วยพลังงานที่ถูกดูดซึมไว้และพลังงานที่ผ่านทะลุวัตถุนั้น

ลักษณะพื้นผิวหน้าของวัตถุก็เป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงาน วัตถุที่มีพื้นหน้าเรียบ มุมสะท้อนพลังงานจะเท่ากับมุมตกกระทบ เป็นลักษณะการสะท้อนแบบ Specular reflectors ส่วนวัตถุที่มีผิวหน้าขรุขระ การสะท้อนพลังงานจะไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า Diffuse หรือ Lambertian reflectors อย่างไรก็ตามวัตถุส่วนใหญ่จะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างสองลักษณะนี้ (รูปที่ 2.2.5.2)

นอกจากลักษณะของพื้นผิววัตถุแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบวัตถุด้วย ถ้าเป็นพลังงานช่วงคลื่นสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอนุภาคของวัตถุที่ประกอบเป็นผิวหน้าวัตถุ หรือความต่างระดับของผิวหน้าวัตถุ การสะท้อนแสงอาจเป็นแบบให้ลักษณะวัตถุพื้นผิวขรุขระได้ แต่ถ้าในวัตถุชนิดเดียวกันนี้ได้รับพลังงานตกกระทบในช่วงคลื่นยาว เมื่อเปรียบเทียบกับผิววัตถุการสะท้อนแสงก็อาจเป็นแบบลักษณะของวัตถุที่มีพื้นผิวราบได้



รูปที่ 2.10 ลักษณะการสะท้อนพลังงานจากพื้นผิววัตถุเรียบ (Specular reflector) และขรุขระ (Diffuse reflector)

ในการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล เป็นการวัดคุณสมบัติสัดส่วนในการสะท้อนพลังงานของวัตถุบนผิวโลก ณ ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่ง เรียกว่า Spectral Reflectance , ρ_λ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\rho_\lambda = ER(\lambda) / EI(\lambda)$$

$$= (\text{พลังงานช่วงคลื่น } \lambda \text{ ที่สะท้อนจากวัตถุ} / \text{พลังงานช่วงคลื่น } \lambda \text{ ที่ตกกระทบวัตถุ})$$

$$\times 100$$

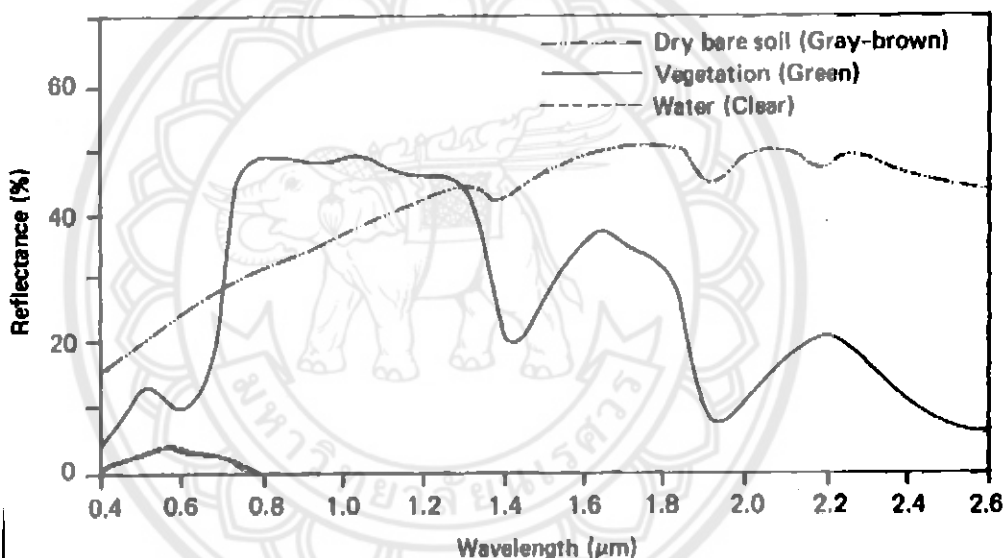
โดยมีหน่วยเป็น ร้อยละ นั่นเอง

ดังนั้นพลังงานที่วัดได้โดยตัวรับสัญญาณ (Sensor) จึงประกอบด้วยพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่จากพื้นผิววัตถุ พลังงานบางส่วนจากปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศ พลังงานที่สะท้อนกลับโดย

ตรงจากก่อนเมฆ ค่าที่วัดได้นี้จะน้อยหรือมาก หรือเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสถานะของบรรยากาศ มุมของดวงอาทิตย์ มุมของตัวรับสัญญาณ คุณสมบัติของวัตถุในการสะท้อน การดูดซึม และการส่งผ่านพลังงาน

2.2.6 การสะท้อนช่วงคลื่น (Spectral Signature) ของพืชพรรณ ดิน และน้ำ

พืช ดินและน้ำ เป็นวัตถุปกคลุมผิวโลกเป็นส่วนใหญ่ การสะท้อนพลังงานที่ความยาวช่วงคลื่นต่างกันของพืช ดินและน้ำ จะทำให้สามารถแยกประเภทของวัตถุชนิดต่าง ๆ ได้ โดยวัตถุทั้งสามชนิดหลักนี้ จะมีรูปแบบการตอบสนองต่อช่วงคลื่นต่าง ๆ เฉพาะตัว เรียกว่า Spectral Signature หรือ ลายเซ็นเชิงคลื่น (รูปที่ 2.2.6) โดยที่ช่วงคลื่นเดียวกัน วัตถุต่างชนิด จะให้ค่าการสะท้อนพลังงานต่างกัน ในขณะที่วัตถุชนิดเดียวกัน จะให้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่ต่างกัน แตกต่างกันไป ทำให้สามารถแยกแยะชนิดของวัตถุได้



รูปที่ 2.11 ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของ พืช ดิน และน้ำ

2.2.6.1 พืชพรรณ

ในช่วงคลื่นมองเห็น คลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 0.45 - 0.65 ไมครอน ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสีน้ำเงินและสีแดง สะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่น 0.5 ไมครอน ดังนั้นดวงตามนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น แห้ง เหี่ยว ทำให้คลอโรฟิลล์ลดลงก็จะทำให้การสะท้อนที่คลื่นสีแดงสูงขึ้น ในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (Reflected Infrared) (0.7 - 1.3 ไมครอน) การสะท้อนพลังงานของใบพืชจะสูง คือ จะสะท้อนพลังงานประมาณ 50 % ของพลังงานที่ตกกระทบ ซึ่งลักษณะของการสะท้อนพลังงานนี้เป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างภายในของพืช (Cell Structure) เนื่องจากพืชก็จะสามารถ

รถแยกชนิดจะมีลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน ดังนั้นถ้าวัดการสะท้อนพลังงานในช่วงนี้ก็จะสามารถแยกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของพืชในช่วงคลื่นเห็นได้จะใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดสะท้อน ของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบ จะมีความแตกต่างไปจากการสะท้อนที่มีความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์ ดังนั้นระบบการสำรวจ ข้อมูลจากระยะไกลที่สามารถบันทึกค่าสะท้อนของช่วงคลื่นนี้ได้ สามารถใช้สำรวจอาการผิดปกติของพืชได้ในช่วงคลื่นที่มีความยาวสูงกว่า 1.3 ไมครอน พลังงานส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนหรือสะท้อนมีการส่งผ่านน้อยมาก มักพบค่าต่ำลงในช่วงคลื่น 1.4 , 1.9 และ 2.7 เพราะว่าในช่วงเหล่านี้น้ำในใบพืชจะดูดกลืนพลังงาน จึงเรียกว่าช่วงคลื่นเหล่านี้ว่า ช่วงคลื่นการดูดซับน้ำ (Water Absorption Bands) ดังนั้นค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชจึงแปรผกผันกับปริมาณน้ำทั้งหมดในใบพืชสำหรับช่วงคลื่นเหล่านี้ด้วย

2.2.6.2 ดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนพลังงานของดินกับความยาวคลื่นมีความแปรปรวนน้อย ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของดิน คือ ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื้อดิน ปริมาณเหล็กออกไซด์ และความขรุขระของผิวดิน (Roughness) ปัจจัยดังกล่าวมีความซับซ้อน และสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เช่น ลักษณะเนื้อดิน มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน ดินทรายหยาบมีการระบายน้ำดีจะสะท้อนพลังงานสูง ดินละเอียดมีการระบายน้ำเลวจะสะท้อนพลังงานต่ำ ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีสีคล้ำ ดูดกลืนพลังงานสูงในช่วงสายตามองเห็น เช่นเดียวกับดินที่มีเหล็กออกไซด์ใน ปริมาณสูง จะปรากฏเป็นสีเข้ม เนื่องจากการสะท้อนพลังงานลดลง ดินที่มีผิวขรุขระมากก็จะทำให้การสะท้อนของพลังงานลดลงเช่นเดียวกัน แสดงลักษณะการสะท้อนพลังงานของดินชนิดต่าง ๆ ในสภาพความชื้นต่ำ

2.2.6.3 น้ำ

การสะท้อนพลังงานของน้ำมีลักษณะต่างจากวัตถุอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรด ทำให้สามารถเขียนขอบเขตของน้ำได้ เนื่องจากน้ำที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกมีหลายสภาพด้วยกัน เช่น น้ำจืด น้ำใส หรือน้ำที่มีสารต่าง ๆ เจือปน ดังนั้นการสะท้อนพลังงานจึงแตกต่างกันออกไป บางครั้งพื้นที่ที่รองรับน้ำอาจจะมีผลต่อการสะท้อนพลังงานของน้ำ น้ำใสจะดูดกลืนพลังงานเล็กน้อยในช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.6 ไมครอน การส่งผ่านพลังงานเกิดขึ้นสูงในช่วงแสงสีน้ำเงิน เขียว แต่น้ำที่มีตะกอนหรือสิ่งเจือปน การสะท้อน และการส่งผ่านพลังงานจะเปลี่ยนไป เช่น น้ำที่มีตะกอนดินแขวนลอยอยู่มาก จะสะท้อนพลังงานได้มากกว่าน้ำใส ถ้ามีสารคลอโรฟิลล์ในน้ำมากขึ้น การสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงินจะลดลงและจะเพิ่มขึ้นในช่วงคลื่นสีเขียว ซึ่งอาจใช้เป็นประโยชน์ในการติดตามและคาดคะเนปริมาณสาหร่าย นอกจากนี้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานยังเป็นประโยชน์ในการสำรวจคราบน้ำมัน และมลพิษจากโรงงานได้

2.2.7 ระบบบันทึกข้อมูล (Sensor)

2.2.7.1 Photographic System and Electronic System

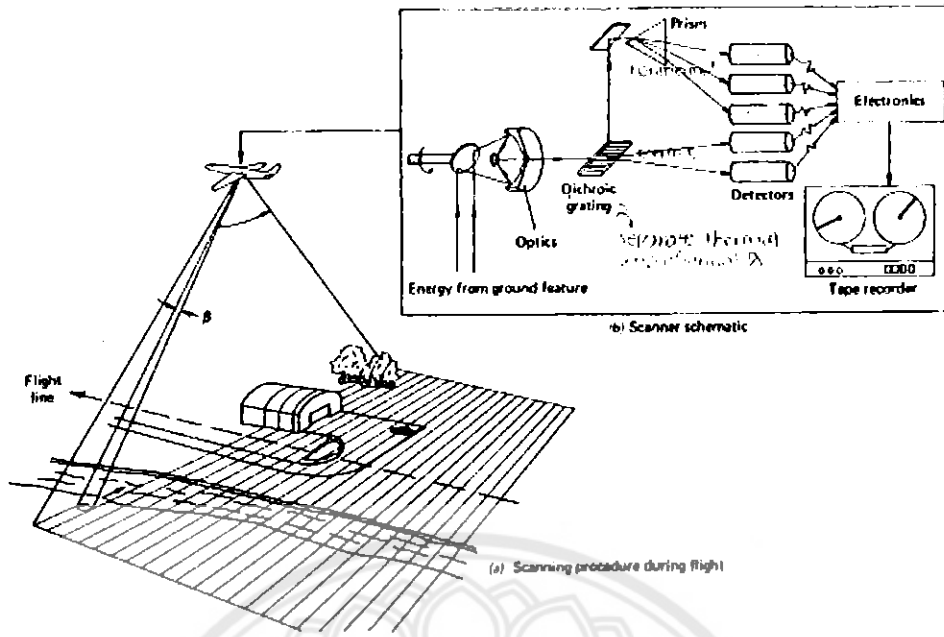
ในการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลนั้น แยกระบบเครื่องมือบันทึกข้อมูลตามสื่อบันทึกได้สองแบบ คือ Photographic system และ Electronic system โดยในส่วนของ Photography ค่าพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เคลือบบนแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดความแตกต่างตามพลังงาน และช่วงคลื่นที่ได้รับ โดยข้อมูลที่ได้ออกมาเรียกว่า Photograph เป็นระบบกล้องถ่ายภาพ (Photographic camera) นั่นเอง ระบบนี้มีความสามารถบันทึกช่วงคลื่นระหว่าง 0.3 - 0.9 ไมครอน เท่านั้น ส่วนระบบ Electronic นั้น ค่าพลังงานจะถูกบันทึกในลักษณะสัญญาณไฟฟ้า หรือข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital) ซึ่งจะให้ข้อมูลออกมา เรียกว่า Image ระบบบันทึกข้อมูลแบบนี้ รวมเรียกว่า Scanner ระบบนี้สามารถบันทึกข้อมูลช่วงคลื่นกว้างกว่า ตั้งแต่ 0.3 - 14 ไมครอน

2.2.7.2 Passive Sensor and Active Sensor

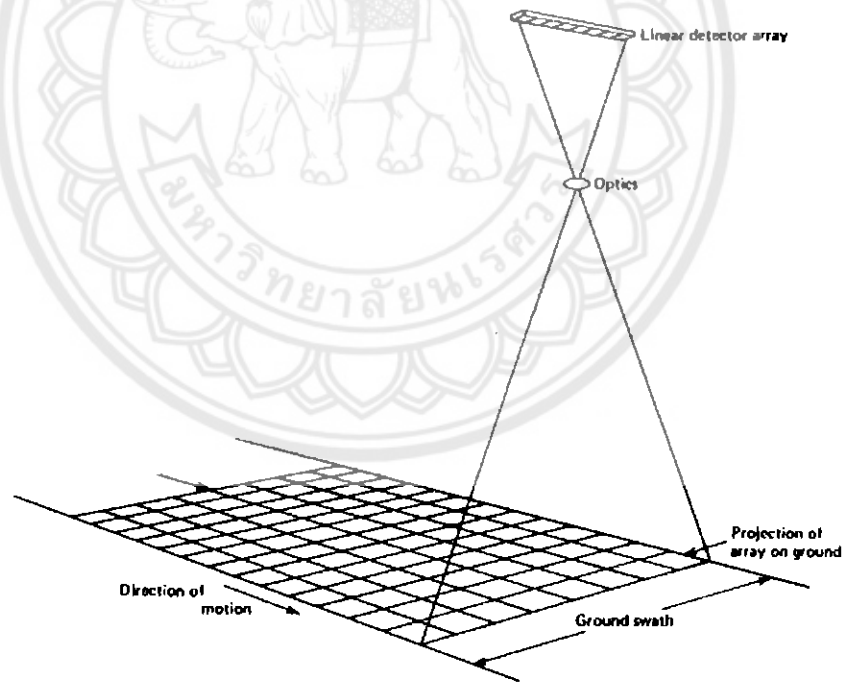
หากพิจารณาจากแหล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เราสามารถแบ่งระบบบันทึกได้ 2 รูปแบบเช่นกัน ได้แก่ Passive sensor เป็นระบบบันทึกข้อมูลบันทึกพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งภายนอก หรือจากธรรมชาติ ซึ่งแหล่งพลังงานทางธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ดวงอาทิตย์นั่นเอง เป็นระบบการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลที่ใช้งานกันแพร่หลายทั่วไป ในขณะที่ Active sensor เป็นระบบที่สร้างพลังงานขึ้นมาแล้วส่งออกไปยังเป้าหมายแล้วรับพลังงานที่สะท้อนกลับจากเป้าหมายนั้น ที่รู้จักกันดีได้แก่ ระบบเรดาร์ (RADAR) นั่นเอง

2.2.7.3 Multispectral Scanner

ระบบบันทึกข้อมูลที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในทางการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล คือระบบกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral Scanner) ซึ่งจะทำให้การบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นต่าง ๆ ระหว่าง 0.3 - 14 ไมครอน (ช่วงคลื่นตามองเห็น อินฟราเรดใกล้ อินฟราเรดกลาง และช่วงคลื่นความร้อน) โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบ หลัก ได้แก่ Across Track Multispectral Scanning (Mechanical Scanning or Whiskbroom) และ Across Track Multispectral Scanning (Electronical Scanning or Pushbroom) โดยมีความแตกต่างในลักษณะการทำงาน กล่าวคือ Mechanical scanning จะบันทึกข้อมูลโดยการกวาดภาพขวางแนวโคจร โดยอาศัยกระจกหมุนกวาด รับข้อมูลจากแต่ละจุดถ่ายภาพ (Ground resolution หรือ IFOV ; Instantaneous Field of View) แล้วบันทึกลงในเครื่อง (รูปที่ 2.12) โดยแสดงเป็นค่าความเข้ม (Intensity) ของแต่ละจุดภาพ (Picture element หรือ Pixel) บนภาพ ในขณะที่ Electronical Scanning จะทำการกวาดภาพตามแนวโคจร ข้อมูลในแต่ละแถวจะเดินทางเข้าสู่เครื่องบันทึกพร้อม ๆ กัน และจะถูกแยกบันทึกแต่ละจุดภาพโดย Detector แต่ละตัว (รูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.12 ลักษณะการบันทึกข้อมูลแบบ Across-track multispectral scanning



รูปที่ 2.13 ลักษณะการบันทึกข้อมูลแบบ Along-track multispectral scanning

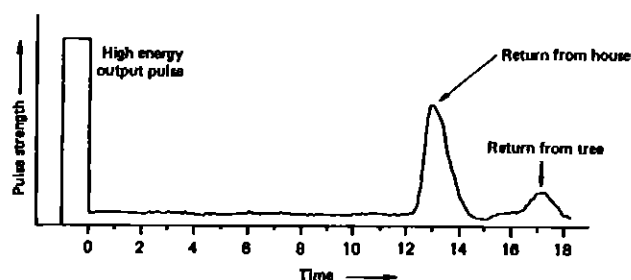
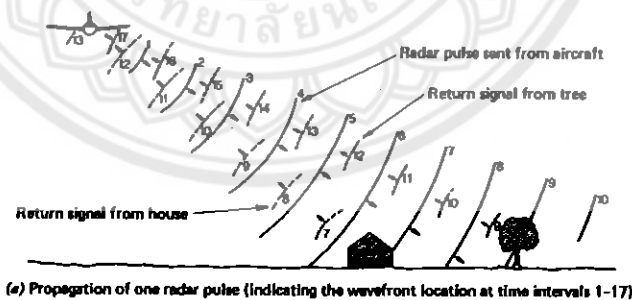
2.2.7.4 Ground Resolution & Pixel

โดยที่การบันทึกข้อมูล จะเป็นการบันทึกในลักษณะข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital data) ดังนั้นความละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) จึงขึ้นกับรายละเอียดภาคพื้นดิน (Ground Resolution) ซึ่งหมายถึงขนาดของพื้นที่ ที่เล็กที่สุดที่จะมองเห็นด้วยคามเทียบ หมายความว่า เป็นกรอบพื้นที่ขนาดเล็กที่สุดที่จะถูกแทนที่ด้วยค่าเชิงตัวเลข 1 ค่า โดยเป็นค่าพลังงานรวมของการสะท้อนจากวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่รวมกันในกรอบดังกล่าว นั้น เช่น ข้อมูลรายละเอียด 20 เมตร หมายถึงว่า แต่ละจุดขนาด 20 เมตร บนภาคพื้นดิน จะมีค่าการสะท้อนรวมเพียง 1 ค่า เป็นตัวแทนของวัตถุในกรอบนั้น ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างภาพ (แสดงในลักษณะ ความเข้ม หรือ ค่าระดับสีเทา / Intensity or Grey Scale) โดยแต่ละจุดบนภาพ เรียกว่า Pixel หรือ Picture Element ดังนั้นหากต้องการให้ได้รายละเอียดของข้อมูลมาก ก็จะต้องให้ขนาดของ Ground resolution มีขนาดเล็ก

2.2.7.5 Imaging RADAR (SAR)

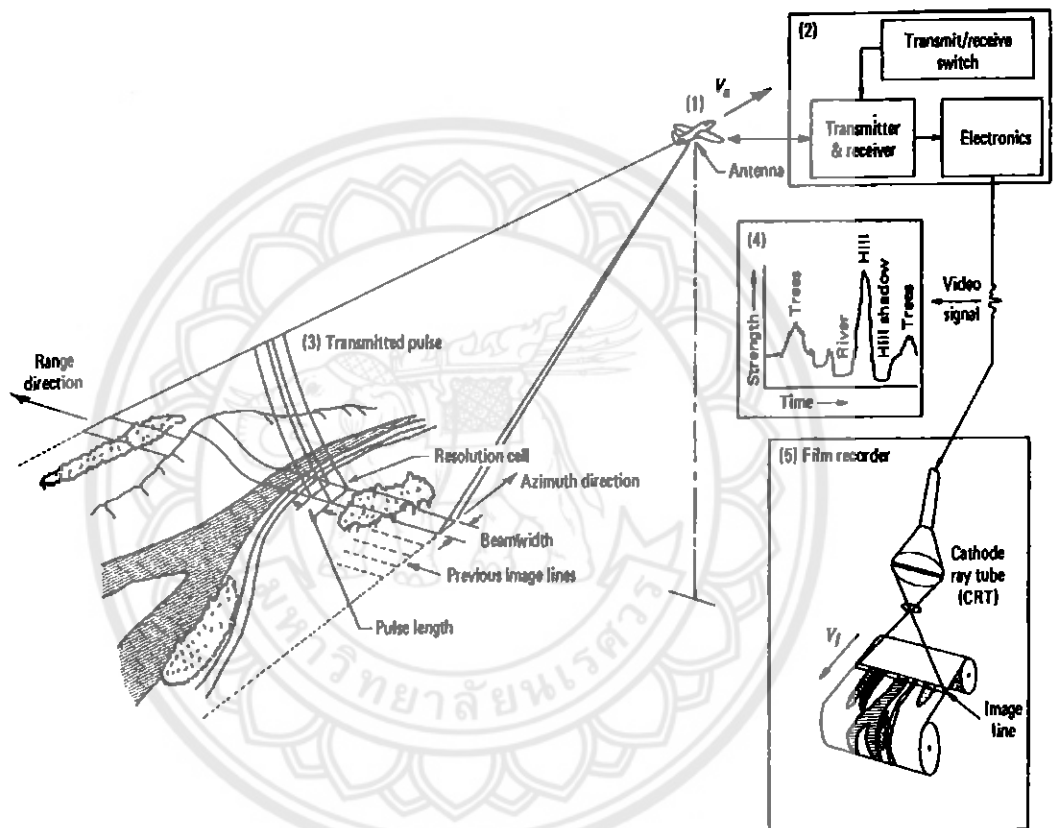
ระบบถ่ายภาพเรดาร์ (Imaging Radar) เป็นระบบบันทึกข้อมูลแบบ Active ซึ่งจะทำการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 3 - 12.5 GHz (ความยาวคลื่นระหว่าง 2.4 - 100 เซนติเมตร)

ระบบทำการผลิตและส่งช่วงคลื่นหรือสัญญาณ Microwave ออกไปยังเป้าหมายและรับสัญญาณการสะท้อนกลับ การทำงานระบบนี้จะต้องอาศัยงานที่ทำหน้าที่ส่ง และรับสัญญาณได้ในตัว สลับหน้าที่ส่งหรือรับอย่างละครึ่ง (Pulse) สัญญาณที่กลับมาจากวัตถุจะต้องถูกบันทึกเอาไว้ (รูปที่ 2.2.7.5 (1)) ซึ่งแสดงคุณสมบัติของวัตถุนั้น ๆ



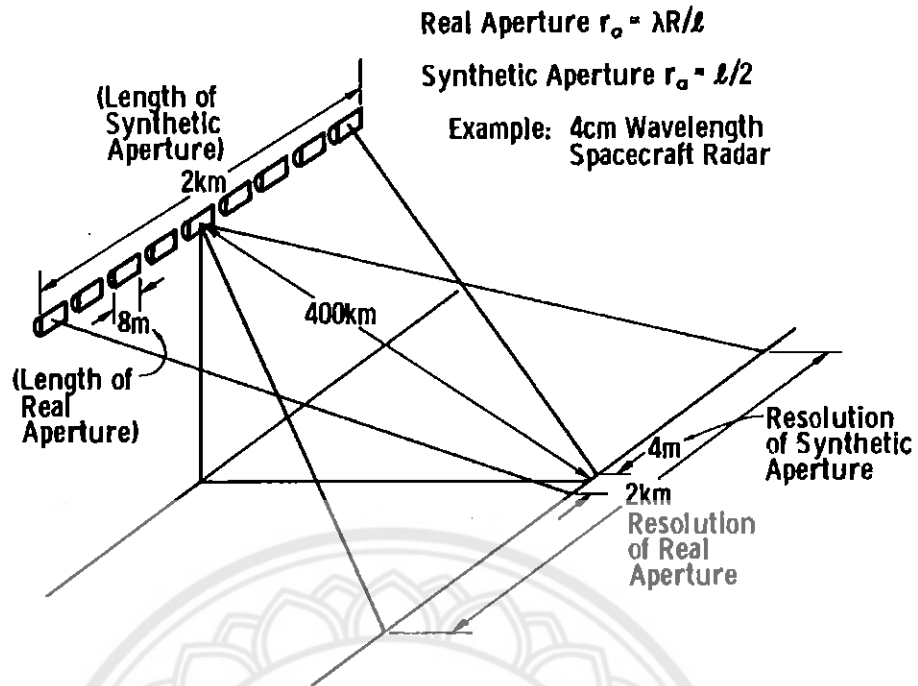
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการทำงานของระบบเรดาร์

ทั้งนี้ การบินถ่ายภาพเรดาร์จะเป็นลักษณะการบินที่เก็บข้อมูลทางด้านข้าง ซึ่งโดยทั่วไปจะตั้งฉากกับแนวบินถ่ายภาพ เรียกว่า Side Looking Airborne Radar (SLAR) สำหรับในกรณีของเรดาร์ธรรมดา หรือ Real Aperture Radar (รูปที่ 2.2.7.5 (2)) ขนาดของรายละเอียดของจุดภาพ (resolution) ทางด้านขนานแนวบินถ่าย (r_x) จะขึ้นอยู่กับขนาดของจานเรดาร์ (l) ระยะทางจากจานเรดาร์ถึงวัตถุเป้าหมาย (R) และความยาวช่วงคลื่นที่ใช้ (λ) โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้ $r_x = \lambda R / l$



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการบินถ่ายภาพของ SLAR

จะเห็นว่าในกรณีที่ต้องการให้ได้รายละเอียดของข้อมูลสูงจะต้องออกแบบให้จานมีขนาดใหญ่มา ก ๆ อีกทั้งยังต้องบินในระดับต่ำ ซึ่งเป็นปัญหาในการที่ถ่ายภาพเรดาร์ในระดับสูงให้ได้ข้อมูลรายละเอียดสูง โดยเฉพาะจากดาวเทียม ซึ่งได้มีการพัฒนาระบบเรดาร์ ที่เรียกว่า SAR หรือ Synthetic Aperture Radar ขึ้นมา โดยใช้วิธีการประมวลผลข้อมูล โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของตัวยาน (เรียกว่า Doppler Effect) สร้างเป็นงานสมมุติ ขึ้นมา ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่างานจริงหลาย ๆ เท่า ทำให้ได้รายละเอียดของข้อมูลสูง แม้จะบินในระดับสูงจากพื้นโลกมาก ๆ ก็ตาม (รูปที่ 2.2.7.5 (3)) ซึ่งโดยทั่วไป แล้วขนาดของรายละเอียด $r_x = l / 2$



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการบินถ่ายภาพของ SAR

15570256
 ม/ร,
 ๒/๖๒๙๑
 ๒๕๕๓

2.2.8 ระบบดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่สำคัญ ๆ ซึ่งใช้งานในปัจจุบันที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

2.2.8.1 ดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม LANDSAT-1 ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี 2515 นับเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ดวงแรกของโลก พัฒนาโดยองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Aeronautics and Space Administration - NASA) ต่อมาโครงการนี้ได้โอนกิจการให้ EOSAT ซึ่งเป็นบริษัทเอกชนเพื่อดำเนินการเชิงพาณิชย์ ปัจจุบันดาวเทียมดวงที่ยังคงปฏิบัติการอยู่คือ ดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบเก็บข้อมูลที่สำคัญของดาวเทียม LANDSAT มี 2 ระบบ คือ ระบบ MSS (Multispectral Scanner) มี 4 ช่วงคลื่น คือ แบนด์ 4 และ 5 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะ ภูมิประเทศทางน้ำถนนแหล่งชุมชน การใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ ป่าไม้ พื้นที่เพาะปลูก แบนด์ 6 และ 7 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ พื้นที่น้ำท่วม ธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้าง ข้อมูล MSS 1 ภาพครอบคลุมพื้นที่ 185 X 80 ตารางกิโลเมตร มีรายละเอียดข้อมูล (resolution) 80 X 80 เมตร อีกระบบหนึ่งที่ได้รับการปรับปรุงให้รายละเอียดดีกว่า MSS คือ ระบบ TM (Thematic Mapper) มีการบันทึกข้อมูลใน 7 ช่วงคลื่น โดยช่วงคลื่นที่ 1-3 หรือ แบนด์ 1-3 เหมาะสำหรับการทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง และจำแนกความแตกต่างระหว่างดินกับพืชพรรณ แบนด์ 4 ใช้กำหนดปริมาณของมวลชีวภาพ (biomass) และจำแนกแหล่งน้ำ แบนด์ 5 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของดิน ความแตกต่างระหว่างเมฆกับหิมะ แบนด์ 6 ให้หาแหล่งความร้อน แบนด์ 7 ใช้

จำแนกชนิดของหิน และการทำแผนที่แสดงบริเวณ hydrothermal มีรายละเอียดข้อมูล 30 X 30 เมตร (ยกเว้นแบนด์ 6 มีรายละเอียด 120 X 120 เมตร)

ปัจจุบัน ดาวเทียม LANDSAT -7 ได้ถูกส่งขึ้นปฏิบัติงานเมื่อ 15 เมษายน 2542 โดยมีระบบบันทึกข้อมูลที่เรียกว่า ETM+ (Enhance Thematic Mapper Plus) ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาจาก TM โดยในแบนด์ 6 ช่วงคลื่นความร้อน ได้รับการพัฒนาให้มีรายละเอียดสูงถึง 60 เมตร และได้เพิ่มแบนด์ Panchromatic รายละเอียด 15 เมตร เข้าไปอีก 1 แบนด์

2.2.8.2 ดาวเทียม SPOT

ดาวเทียม SPOT (Le System Probatoire d ' Observation de la Terre) อยู่ในความรับผิดชอบของสถาบันอวกาศแห่งชาติฝรั่งเศส ร่วมกับประเทศในกลุ่มยุโรป อุปกรณ์บันทึกข้อมูลของดาวเทียม SPOT ประกอบด้วย High Resolution Visible (HRV) จำนวน 2 กล้อง คือ ระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral Mode) มี 3 ช่วงคลื่น ให้รายละเอียด 20 x 20 เมตร และระบบช่วงคลื่นเดี่ยว (Panchromatic Mode) ให้รายละเอียด 10 x 10 เมตร สมรรถนะของ HRV ที่สำคัญประการหนึ่งคือสามารถถ่ายภาพแนวเฉียงและนำมาศึกษาในลักษณะ 3 มิติได้ ซึ่งให้รายละเอียดได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT สามารถนำไปใช้ศึกษาพื้นที่ป่า การทำแผนที่การใช้ที่ดิน ธรณีวิทยา อุทกวิทยา แหล่งน้ำ สมุทรศาสตร์ และชายฝั่ง การพังทลายและการตกตะกอน การติดตามการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม และมลภาวะ การขยายตัวเมืองและการตั้งถิ่นฐาน ส่วนดาวเทียม SPOT-3 และ 4 จะใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูล ซึ่งเป็น Charged Coupled Device (CCD) ที่ทำในฝรั่งเศส และจะเพิ่มอีก 1 ช่วงคลื่นในอินฟราเรดใกล้ เพื่อประโยชน์ในการติดตาม พืชเกษตร โดยมีรายละเอียดของภาพ 20 x 20 เมตร มี 4 ช่วงคลื่น คล้ายกับระบบ MSS ของดาวเทียม LANDSAT ช่วงคลื่นขาวดำในดาวเทียม SPOT-1 และ 2 จะแทนที่ด้วยช่วงคลื่น 0.61 - 0.68 ไมครอน ซึ่งมีรายละเอียด 10 x 10 เมตร นอกจากนี้ใน SPOT-3 และ 4 จะมีอุปกรณ์ใหม่ คือ VEGETATION ให้ข้อมูล เกี่ยวกับพืชพรรณ 1 x 1 กิโลเมตร ใน 4 ช่วงคลื่นเหมือน HRV

2.2.8.3 ดาวเทียม MOS-1 (MOS-1A และ MOS-1B)

ดาวเทียม MOS-1 (Marine Observation Satellite) อยู่ในความรับผิดชอบขององค์การพัฒนาอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (National Space Development Agency - NASDA) มีอุปกรณ์บันทึกข้อมูล 3 ระบบ คือ

ก. Multispectral Electronic Self Scanning Radiometer (MESSR) มี 4 ช่วงคลื่น ให้รายละเอียด 50 x 50 เมตร ใช้สำรวจทรัพยากรเช่นเดียวกับข้อมูล MSS ของดาวเทียม LANDSAT

ข. Visible and Thermal Infrared Radiometer (VTIR) ให้ข้อมูล

เกี่ยวกับกับอุณหภูมิต่าง ๆ ในทะเลอันเป็นประโยชน์ต่อการประมง และข้อมูลการปกคลุมของเมฆ และไอน้ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์อากาศ

ค. Microwave Scanning Radiometer (MSR) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณไอน้ำ ปริมาณน้ำ ลมทะเล การแผ่ปกคลุมของหิมะ และน้ำแข็งในทะเล

2.2.8.4 ดาวเทียม ERS

ดาวเทียม ERS-1 (European Remote Sensing Satellite) พัฒนาโดยองค์การอวกาศแห่งยุโรป (European Space Agency - ESA) และได้ส่งขึ้นไปโคจรเป็นผลสำเร็จเมื่อ 17 กรกฎาคม 2534 มีคุณสมบัติพิเศษในการบันทึกข้อมูลแบบ active sensor คือ เรดาร์ สามารถถ่ายภาพทะลุเมฆ และวัตถุ บางชนิดได้ สามารถบันทึกข้อมูลในเวลากลางคืนได้ และในทุกสภาพอากาศ บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นไมโครเวฟ คือ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร และความถี่ 300 ถึง 0.3 GHz ด้วยช่วงคลื่น C band มีรายละเอียดของภาพ 25 x 25 เมตร การสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาวเทียม ERS-1 จะขึ้นกับคุณสมบัติความเรียบและความขรุขระของผิวน้ำวัตถุเป็นสำคัญ ยิ่งเรียบจะให้ค่าการสะท้อนต่ำ ขณะที่ความขรุขระจะให้ค่าสะท้อนสูงขึ้นตามส่วน แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณามุมตกกระทบ (incident angle) ขณะที่บันทึกข้อมูลด้วยปัจจุบันดาวเทียมชุดนี้ปฏิบัติการอยู่ 2 ดวง คือ ERS-1 และ ERS-2

2.2.8.5 ดาวเทียม JERS-1

องค์การพัฒนาอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (NASDA) ได้พัฒนาโครงการระบบดาวเทียมที่ ถ่ายภาพทะลุเมฆได้โดยใช้เรดาร์ ชื่อว่าดาวเทียม JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite) ส่งขึ้นไปสู่โคจรเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2535 นับเป็นดาวเทียมรุ่นใหม่ที่มีสมรรถนะสูง โดยมีอุปกรณ์ถ่ายภาพทะลุเมฆที่เรียกว่า Synthetic Aperture Radar (SAR) แล้ว ยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Optical Sensors (OPS) ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ใช้ CCD ในการรับแสงสะท้อนจากผิวโลก แยกออกเป็น 7 ช่วงคลื่น ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น จนถึงช่วงคลื่นอินฟราเรด โดยมีรายละเอียดของภาพถึง 18 x 24 เมตร และสามารถถ่ายภาพในระบบสามมิติตามแนวโคจรได้ด้วย

2.2.8.6 ดาวเทียม NOAA

ดาวเทียม NOAA เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ โคจรอยู่เหนือพื้นผิวโลก 830 กิโลเมตร มีอุปกรณ์ถ่ายภาพระบบ AVHRR , HIRS / 2 , SSU และ MSU ระบบ AVHRR ถ่ายภาพในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ให้รายละเอียดข้อมูล 1 x 1 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 3,000 x 6,000 ตารางกิโลเมตร ประโยชน์ที่ได้รับคือใช้ในการสำรวจด้านอุณหภูมิมหาสมุทร, สมุทรศาสตร์ และอุทกศาสตร์

2.2.8.7 ดาวเทียม IRS

ดาวเทียมชุด IRS (Indian Remote Sensing Satellite) เป็นดาวเทียมเพื่อการสำรวจทรัพยากร ของประเทศอินเดีย โดยดาวเทียมดวงแรกในชุดนี้ ซึ่งได้แก่ IRS - 1A ได้ส่งขึ้นสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2531 ต่อมา วันที่ 29 สิงหาคม 2534 ดาวเทียมดวงที่สอง คือ IRS - 1B ก็ได้ส่งขึ้นสู่วงโคจร โดยมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับดวงแรก หลังจากนั้นในวันที่ 15 ตุลาคม 2538 อินเดียก็ได้ส่งดาวเทียมดวงที่สาม ของชุดนี้ คือ IRS - P2 ขึ้นสู่วงโคจร และตามด้วยดาวเทียมดวงที่สี่ และห้า คือ IRS - 1C เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2538 และ IRS - 1D เมื่อ 29 กันยายน 2540 สำหรับข้อมูลดาวเทียมที่นำข้อมูลมาใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ ดาวเทียม IRS - 1C , 1D ซึ่งมีอุปกรณ์ ที่สำคัญ ได้แก่ ระบบ LISS - III บันทึกข้อมูล ช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดรวม 4 ช่วงคลื่น รายละเอียด 23.5 เมตร ระบบ Panchromatic รายละเอียด 5.8 เมตร และ ระบบ WiFS รายละเอียด 188 เมตร โดยบันทึกข้อมูล ในช่วงคลื่นตามองเห็น และอินฟราเรด

2.2.8.8 ดาวเทียม RADARSAT

ดาวเทียม RADARSAT เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของประเทศแคนาดา โดยองค์การอวกาศแคนาดา (Canadian Space Agency : CSA) ส่งขึ้นสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2538 ติดตั้งเครื่องมือบันทึกข้อมูลในระบบเรดาร์ (SAR) ช่วงคลื่น C - band - HH สามารถบันทึกข้อมูล ในลักษณะต่าง ๆ 7 รูปแบบ โดยใช้รายละเอียดของข้อมูลแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ 10 เมตร ถึง 100 เมตร ครอบคลุมพื้นที่เป็นแนวกว้างตั้งแต่ 45 ถึง 500 กิโลเมตร

2.2.8.9 ดาวเทียม ADEOS

ดาวเทียม ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) เป็นดาวเทียมของญี่ปุ่น ที่พัฒนาโดยความร่วมมือระหว่างประเทศญี่ปุ่นกับสหรัฐอเมริกา ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2539 เพื่อใช้ประโยชน์ในการสำรวจทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม การติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) และโอโซนในบรรยากาศ เป็นต้น

2.2.8.10 ดาวเทียม IKONOS

เป็นดาวเทียมเชิงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกา โดยบริษัท Space Imaging ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2541 มีรายละเอียดของข้อมูล (resolution) สูงถึง 1 เมตร ในแบบขาวดำ และ 4 เมตร ในแบบสี โดยบันทึกข้อมูลช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ แนวถ่ายภาพกว้าง 11 กิโลเมตร

2.2.8.11 ดาวเทียม QuickBird

เป็นดาวเทียมเชิงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกาเช่นกัน โดยบริษัท Digital-Globe ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2544 มีรายละเอียดของข้อมูล (resolution) สูงถึง 0.61 เมตร ในแบบ ขาวดำ และ 2.44 เมตร ในแบบสี โดยบันทึกข้อมูลช่วงคลื่นตามมองเห็นและอินฟราเรดใกล้ แนวถ่ายภาพกว้าง 16.5 กิโลเมตร

นอกเหนือจากดาวเทียมที่กล่าวมาแล้ว ยังมีดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติอีกหลายดวง ซึ่งพัฒนาโดยประเทศต่าง ๆ พอจะรวบรวมได้ดังนี้

- ALMAS ซึ่งเป็นดาวเทียมของรัสเซีย สำรวจข้อมูลด้วยระบบเรดาร์

(SAR)

- EOS - AM (TERRA), EOS - PM (AQUA) เป็นดาวเทียมขนาดเล็ก ซึ่งพัฒนาขึ้นจากโครงการ the Earth Observation System (EOS) ของสหรัฐอเมริกา เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสถานะแวดล้อมของโลก

- TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) เป็นดาวเทียมที่พัฒนาร่วมกันระหว่างญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา สำหรับใช้ในการสำรวจด้านอุตุนิยมวิทยาและภูมิอากาศ ด้วยเครื่องมือทั้งในระบบช่วงคลื่นไมโครเวฟและระบบช่วงคลื่นตามมองเห็นและอินฟราเรด

2.2.9 คุณลักษณะข้อมูลดาวเทียม

ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่บันทึกด้วยระบบกล้องหลายช่วงคลื่น มีคุณสมบัติพิเศษ แตกต่างจากกล้องถ่ายภาพธรรมดา คือ

2.2.9.1 ข้อมูลอยู่ในลักษณะตัวเลข (Digital Data) ที่มีความละเอียดของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นแสง เป็นระดับความเข้มสีเทา (Gray Level) จำนวน 256 ระดับซึ่งสามารถนำข้อมูลที่มีปริมาณมาก เหล่านี้ไปผลิตเป็นภาพขาวดำและภาพสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

2.2.9.2 ข้อมูลที่บันทึกสามารถส่งมายังสถานีรับภาคพื้นดินได้ทันที

2.2.9.3 สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่กล้องธรรมดาบันทึกไม่ได้ ตลอดจนข้อมูลที่ได้รับรายละเอียดภาพ (Spatial Resolution)

2.2.9.4 การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synopic View) ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่ง ๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้างทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาบันทึกภาพสั้น ๆ สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในบริเวณกว้างขวางต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ภาพจาก LANDSAT MSS และ TM หนึ่งภาพครอบคลุมพื้นที่ 185 X 185 ตร.กม. หรือ 34,225 ตร.กม. ภาพจาก SPOT ครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตร.กม. และ MOS ครอบคลุมพื้นที่ 10,000 ตร.กม.

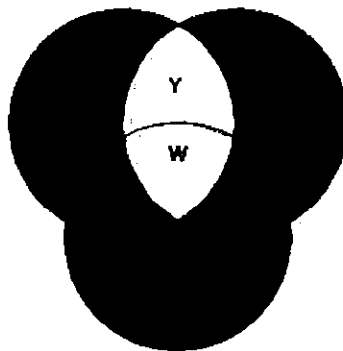
2.2.9.5 การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้อง

Scanner ที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นและช่วงคลื่นนอกเหนือสายตามนุษย์ ทำให้แยกวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกได้อย่างชัดเจน เช่น ระบบ MSS และ MESSR มี 4 ช่วงคลื่น ระบบ TM มี 7 ช่วงคลื่น ระบบ HRV ขาวดำและสี มี 1 และ 3 ช่วงคลื่นตามลำดับ

2.2.9.6 การบันทึกภาพบริเวณเดิม (Repetitive Coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมี วงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถื่นอย่างสม่ำเสมอและในเวลาที่แน่นอน กล่าว คือ LANDSAT ทุก ๆ 16 วัน MOS ทุก ๆ 17 วัน และ SPOT ทุก ๆ 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลาย ๆ ช่วงเวลาที่ทันสมัยสามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกได้เป็นอย่างดี และมีโอกาสที่จะได้ข้อมูลไม่มีเมฆปกคลุม

2.2.9.7 การให้รายละเอียดหลายระดับ ภาพจากดาวเทียมให้รายละเอียดหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพขาว - ดำ ดาวเทียม SPOT รายละเอียด 10 เมตร สามารถศึกษาตัวเมือง เส้นทางคมนาคมระดับหมู่บ้าน ภาพสี รายละเอียด 20 เมตร ศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เฉพาะจุดเล็ก ๆ และแหล่งน้ำขนาดเล็ก ภาพระบบ TM รายละเอียด 30 เมตร ศึกษาสภาพการใช้ที่ดินระดับจังหวัด

2.2.9.8 การให้ภาพสีผสม (False Color Composite) ภาพจากดาวเทียมขาว - ดำ หนึ่งภาพในหลายช่วงคลื่นสามารถนำมาซ้อนทับกันได้ครั้งละ 3 แบนด์ โดยทำให้แต่ละแบนด์ที่เป็นสีขาว - ดำกลายเป็นสีบวก (Additive Primary Color) 3 สีหลัก คือ สีน้ำเงิน (Blue) สีเขียว (Green) และสีแดง (Red) ซึ่งคือช่วงคลื่นตามองเห็น เมื่อนำมาซ้อนทับกันทำให้ได้ภาพสีผสม ปรากฏสีต่าง ๆ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีสี คือการซ้อนทับของแม่สีบวกแต่ละคู่จะให้แม่สีลบ (Subtractive Primary Color) คือ สีเหลือง (Yellow) สีม่วงแดง (Magenta) และสีฟ้า (Cyan) ดังนี้ สีแดง (R) + สีเขียว (G) = สีเหลือง (Y) สีแดง (R) + สีน้ำเงิน (B) = สีม่วงแดง (M) สีน้ำเงิน (B) + สีเขียว (G) = สีฟ้า (C) สีน้ำเงิน (B) + สีเขียว (G) + สีแดง (R) = สีขาว (W) สีเหลือง (Y) + สีม่วงแดง (M) + สีฟ้า (C) = สีดำ (ภาพที่ 14)



รูปที่ 2.17 การเกิดภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียม

ในกรณีที่ต้องการให้ได้ภาพสีผสมธรรมชาติ (Natural Color) เราต้องใช้ข้อมูลช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง มาผ่าน แม่สีบวกทั้งสาม คือ น้ำเงิน เขียว และแดง ตามลำดับ ในกรณีที่ใช้การผสมภาพจากข้อมูลช่วงคลื่นที่แตกต่างไปจากนี้ ภาพที่ได้จะเรียกว่า ภาพสีผสมเท็จ (False Color) เช่น ข้อมูลช่วงคลื่นสีเขียว สีแดง และ อินฟราเรดใกล้ ตามลำดับ จะให้ข้อมูลพืชพรรณเป็นสีแดง เนื่องจาก พืชสามารถสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ได้ดี เป็นต้น จากหลัก การดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถตีความแบ่งแยกชนิดวัตถุตามสีที่ปรากฏได้

2.2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม

การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม แบ่งกว้าง ๆ ได้ 2 วิธี คือ การแปลตีความด้วยสายตา (Visual Interpretation) และ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Image Processing and Classification) โดยใช้องค์ประกอบหลักที่สำคัญ (Elements of Interpretation) ประกอบด้วย

2.2.10.1 ความเข้มของสีและสี (Tone / Color) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนช่วงคลื่น การทำมุมกับแสง ตลอดจนการเรียงตัวของวัตถุ เช่น ป่าไม้ที่บ่มมีคลอโรฟิลล์หรือ ความเขียวมากปรากฏสีเขียวเข้ม ป่าโปร่งมีสีจาง น้ำลึกปรากฏสีน้ำเงินเข้ม น้ำตื้น หรือน้ำขุ่นมีสีจาง เป็นต้น

2.2.10.2 ขนาด (Size) ขนาดของวัตถุที่ปรากฏในภาพซึ่งขึ้นกับรายละเอียดของรูปภาพ หรือมาตราส่วนของภาพที่ปรากฏในรูปของความยาว กว้าง หรือพื้นที่ เช่น ความแตกต่างระหว่างแม่น้ำและคลอง พื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ และสวนป่า เป็นต้น

2.2.10.3 รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัว อาจสม่ำเสมอ (Regular) หรือรูปร่างไม่สม่ำเสมอ (Irregular) เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนน แม่น้ำ คลองชลประทาน และเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นต้น

2.2.10.4 เนื้อภาพ (Texture) หรือความหยาบ ละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความสม่ำเสมอของวัตถุที่รวมกันอยู่ หรือความต่อเนื่องของค่าการสะท้อน เช่น สวนยางพารา มีเนื้อภาพละเอียดเนื่องจากมีขนาดความสูงใกล้เคียงกันซึ่งแตกต่างจากพืชไร่และสวนผสม เป็นต้น

2.2.10.5 รูปแบบ (Pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งทีมนมนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลอง กับคลองชลประทาน บ่อ สระน้ำกับเขื่อน เป็นต้น

2.2.10.6 ความสูงและเงา (Height and Shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการพิจารณาความสูง และมุมของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผาเงาของเมฆ เป็นต้น

2.2.10.7 ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่า

ชายเลนพบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น

2.2.10.8 ความเกี่ยวพัน (Association) วัตถุบางอย่างมีความเกี่ยวพันกับสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่ม ๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่อื่นลอยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้บนเขา นาทุ่ง อยู่บริเวณชายฝั่งร่วมกับป่าชายเลน เป็นต้น

การแปลภาพเพื่อจำแนกวัตถุได้ดีและถูกต้อง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อม ๆ กันไป ตามความยากง่ายและมาตราส่วนที่แตกต่างกันไป ซึ่งอาจไม่แน่นอนเสมอไป รูปร่าง สี ขนาด อาจใช้เป็นองค์ประกอบในการแปลภาพพื้นที่หนึ่งหรือลักษณะหนึ่ง ส่วนอีกบริเวณหนึ่งของพื้นที่เดียวกันอาจจะใช้องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้ การใช้คอมพิวเตอร์ จะเป็นการนำเอาเฉพาะค่าการสะท้อน ซึ่งในที่นี้คือ ค่าความเข้ม มาใช้เท่านั้น

นอกจากนี้ จำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้รับจากภาพจากดาวเทียมอีก 3 ลักษณะ มาประกอบการพิจารณา คือ

ก. ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ (Spectral Characteristic) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์โดยวัตถุต่าง ๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากัน ทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว - ดำ ซึ่งทำให้สีแตกต่างในภาพสีผสมด้วย

ข. ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Spatial Characteristic) แตกต่างตามมาตราส่วนและรายละเอียดภาพจากดาวเทียม เช่น MSS วัตถุหรือพื้นที่ขนาด 80 ม. X 80 ม. จึงจะปรากฏในภาพ และระบบ PLA มีขนาด 10 ม. X 10 ม. เมื่อคูณเข้ากับลักษณะรูปร่างวัตถุทำให้ทราบลักษณะที่จำลองในภาพจากดาวเทียมจะมีลักษณะเดียวกัน

ค. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal Characteristic) ซึ่งทำให้สถานะของวัตถุต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงรายปี หรือรายคาบ เป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้มีความแตกต่างของระดับสีในภาพขาวดำ และภาพสีผสม ทำให้เราสามารถใช้อัตราความเข้มที่ถ่ายซ้ำที่เดิมในช่วงเวลาต่าง ๆ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่า การเติบโตของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

2.2.11 การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมในประเทศไทย

นับตั้งแต่ประเทศไทยได้ก่อตั้งโครงการสำรวจข้อมูลทรัพยากรด้วยดาวเทียมในปี 2514 หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้นำเอาเทคโนโลยีด้านนี้ไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง โดยในระยะเริ่มแรกเป็นการใช้ข้อมูล ในลักษณะภาพพิมพ์ หรือฟิล์ม เพื่อการแปลตีความด้วยสายตาเป็นหลัก ต่อมาก็ได้มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากเทปคอมพิวเตอร์ โดย

เริ่มจากระบบ Main frame และพัฒนามาสู่ Mini จนถึง Workstation และ PC โดยในปัจจุบัน
หน่วยงานต่าง ๆ จะมีระบบวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้งานด้าน Remote Sensing โดยเฉพาะ WS
และ PC เป็นของตนเองทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น กรมป่าไม้
กรมพัฒนาที่ดิน กรมวิชาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรม
ชลประทาน กรมทรัพยากรธรณี กรมแผนที่ทหาร กรมประมง และมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เป็นต้น
โดยทั่วไปแล้วได้มีการนำเอาข้อมูลจากดาวเทียม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้อมูลจากดาวเทียม
LANDSAT และ SPOT ไปใช้ประโยชน์ในสาขาต่าง ๆ ได้แก่

2.2.11.1 ด้านป่าไม้

กรมป่าไม้ได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการศึกษาหาพื้นที่ป่าไม้ และติดตาม
ตามการเปลี่ยนแปลงมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีแผนการในการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ทุก
ๆ ช่วง 3 ปี นอกจากนี้ยังนำไปใช้ประโยชน์ในการสำรวจพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม สำรวจพื้นที่ปลูก
สร้างสวนป่า พื้นที่ป่าชายเลน จำแนกชนิดป่าไม้ และการประเมินหาพื้นที่ไฟป่า เป็นต้น

2.2.11.2 ด้านการเกษตร

ข้อมูลจากดาวเทียมได้ถูกนำไปใช้ในการศึกษาหาพื้นที่เพาะปลูก การคาด
การณ์ ผลผลิตประเมินความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติและจากศัตรูพืช ตลอดจนการวางแผนกำหนด
เขตเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง สับปะรด และ ยางพารา เป็น
ต้น โดยหน่วยงาน สنج. เศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตร

2.2.11.3 ด้านการใช้ที่ดิน

เกี่ยวกับแผนที่การใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมใน
การจัดทำแผนที่ดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการการใช้ที่ดินอย่าง
เหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ใช้ในการศึกษาพื้นที่ดินเดิมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งพื้นที่
ดินป่าพรุในภาคใต้อีกด้วย

2.2.11.4 ด้านธรณีวิทยา และธรณีสารสนเทศ

ข้อมูลทางด้านโครงสร้างทางธรณี โดยเฉพาะลักษณะภูมิประเทศ และ
ธรณีสารสนเทศ สามารถศึกษาได้อย่างชัดเจนจากข้อมูลจากดาวเทียม ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาข้อมูล
ไปใช้ศึกษาทางธรณีวิทยา เช่น การทำแผนที่ ธรณีโครงสร้างของประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐาน
ที่จะบอกถึงแหล่งแร่ แหล่งซึ้อเพลิงธรรมชาติ ตลอดจนแหล่งน้ำบาดาล และการวางแผนการสร้าง
เขื่อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำเอาข้อมูลจากดาวเทียมไปใช้ศึกษาทางด้านโบราณคดี เช่น
การหาพื้นที่เมืองโบราณ เป็นต้น

2.2.11.5 ด้านอุทกวิทยา

ในแง่ของการชลประทาน ข้อมูลจากดาวเทียมมีบทบาทสำคัญสำหรับใช้

ในการวางแผนการชลประทาน โดยเฉพาะการให้ข้อมูลเกี่ยวกับคลองชลประทาน แม่น้ำ ลำน้ำ ซึ่งกรมชลประทานได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนทางด้านอ่างเก็บน้ำ และเขื่อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ก็ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการศึกษาหาพื้นที่ของอ่างน้ำ การแพร่กระจายของตะกอนในอ่างน้ำ เพื่อการบำรุงรักษาเขื่อน นอกจากนี้ข้อมูลจากดาวเทียมยังใช้ในการทำแผนที่แสดงบริเวณน้ำท่วมเพื่อประเมินความเสียหายจากอุทกภัย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.11.6 ด้านสมุทรศาสตร์

ข้อมูลจากดาวเทียมได้ถูกนำไปใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายของตะกอนในทะเล และคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่ง การติดตามและประเมินพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง รวมทั้ง อุณหภูมิพื้นผิวทะเล ซึ่งให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ทางการประมงและการเดินเรือเป็นอย่างยิ่ง

2.2.11.7 ด้านการทำแผนที่

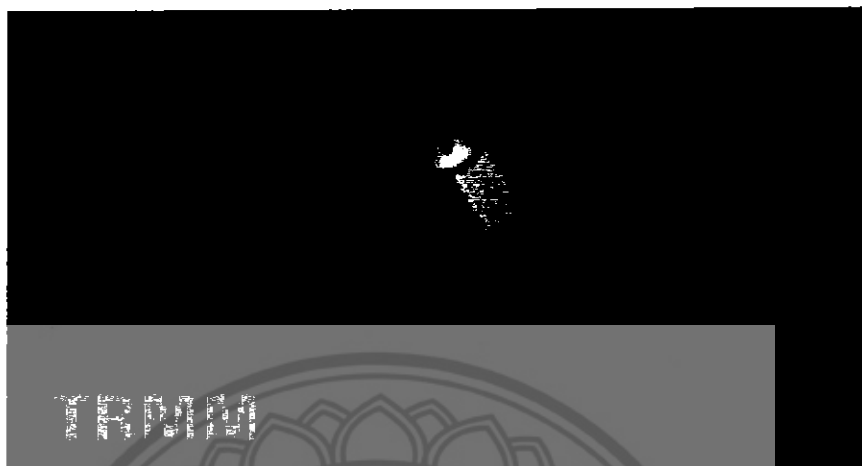
ข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูง โดยเฉพาะข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ซึ่งให้รายละเอียดสูง 10 เมตร มีประโยชน์อย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 ให้ทันสมัย โดยในขณะนี้ กรมแผนที่ทหาร ได้ใช้ภาพจากดาวเทียม SPOT แก้ไขปรับปรุงแผนที่มาตราส่วนดังกล่าว แล้วเสร็จไปแล้วรวม 258 ระวัง สำหรับกรมทางหลวง ได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการทำแผนที่ทางหลวงทั่วประเทศ

2.2.11.8 ด้านภัยธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แม้ว่าภัยธรรมชาติ เช่น วนดภัย อุทกภัยร้ายแรง จะไม่เกิดบ่อยนักในประเทศไทย แต่ข้อมูลจากดาวเทียม ก็ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาประเมินความเสียหาย และวางแผนป้องกันเหตุดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นกรณีของ วนดภัยจากไต้ฝุ่นเกย์ ที่ชุมพร ในปี พ.ศ. 2532 หรือ แผ่นดินถล่ม ที่พิปูน นครศรีธรรมราช ในปี พ.ศ. 2531 เป็นต้น ทางด้านสิ่งแวดล้อมข้อมูลจากดาวเทียมสามารถใช้ในการติดตามการแพร่กระจายของตะกอนจากการทำเหมืองแร่ในทะเล หรือชายฝั่ง การกระจายของน้ำเสีย เป็นต้น

2.3 ประวัติดาวเทียม TRMM

ดาวเทียม TRMM



รูปที่ 2.18 ดาวเทียม TRMM

หน่วยงาน	:	NASA , NASDA
ประเทศเจ้าของ	:	สหรัฐอเมริกา , ญี่ปุ่น
ชื่อดาวเทียม	:	TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)
วัตถุประสงค์	:	ใช้งานทางด้านการสำรวจโลก
ชนิดของดาวเทียม	:	NASA Goddard Space Flight Center
น้ำหนัก	:	3,620 กิโลกรัม
การปล่อยดาวเทียม	:	ถูกปล่อยเข้าสู่วงโคจรโดยจรวด H-2 เมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2540
วงโคจร	:	เป็นวงโคจรไกลดวงกลม , Non Sun – Synchronous orbit โดยมี ความสูงจากผิวโลก 367 x 385 กิโลเมตร ทำมุมเอียงกับ ระนาบวงโคจร 35 องศา
อุปกรณ์วิทยาศาสตร์	:	ดาวเทียมดวงนี้บรรจุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ของ NASA จำนวน 4 ชิ้น ดังนี้ TRMM Microwave Imager (TMI) , Visible Infrared Scanner (VIRS) , Clouds and Earth's Radiant Energy System (CERES) , Lightning Imaging Sensor (LIS)

2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงและสหสัมพันธ์ (Linear Regression and Correlation Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Dependent variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่แปรเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่เราเรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent variable)

ในการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระนั้น รูปแบบของความสัมพันธ์นั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ 1. มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นตรง เราจะเรียกว่า “ การถดถอยเชิงเส้นตรง ” และ 2. มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้ง

นอกจากนี้การวิเคราะห์การถดถอยยังแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามจำนวนตัวแปรอิสระ คือ 1. ถ้ามีตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียว เราจะเรียกว่า “ การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) ” และ 2. มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว เราจะเรียกว่า “ การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ”

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว ซึ่งหลักการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่ายมีอยู่ว่า ค่าของตัวแปรตามจะขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระเพียงหนึ่งตัว โดยที่ตัวแปรทั้งสองชนิดนี้จะมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง

ในทางคณิตศาสตร์ ถ้าเราทราบว่าตัวแปรใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรใด จะสามารถนำมาเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ได้ การถดถอยเชิงเส้นตรงที่เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองดังกล่าวเป็นค่าที่ประมาณขึ้นจากสมการเส้นตรง ไม่ใช่ค่าที่ได้จากการสังเกต ดังนั้นสมการเส้นตรงที่เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองจึงเป็น

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

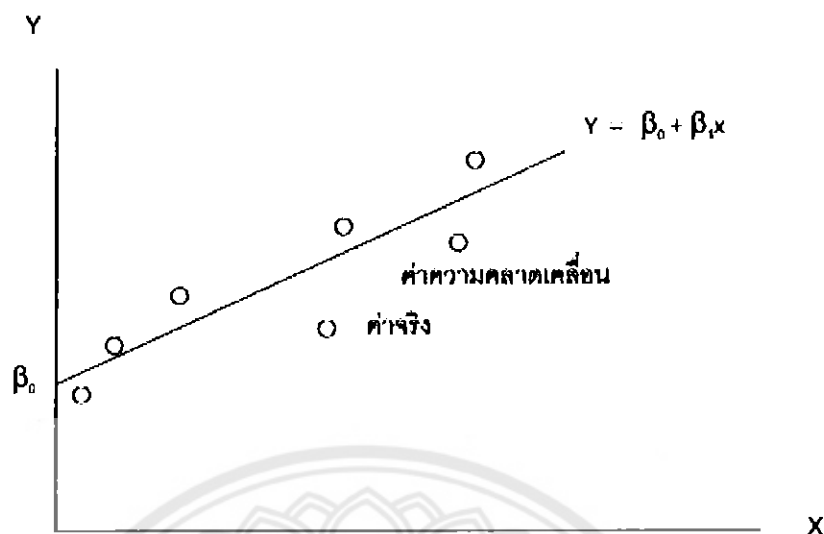
2.4.1 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

เมื่อ β_0 คือ ระยะเวลาตัดแกน Y หรือ intercept parameter

β_1 คือ slope หรือ สัมประสิทธิ์ถดถอยของประชากร

2.4.2 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y



รูปที่ 2.19 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y

2.4.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของประชากร (β_0 และ β_1)

จากกราฟในข้อ 2.3.2 จะเห็นว่ามีความคลาดเคลื่อน (e) เกิดขึ้นระหว่างค่าจริง Y กับค่าจากเส้นถดถอย \hat{Y} นั่นคือ $e = Y - \hat{Y}$

การประมาณค่า β_0 และ β_1 จะใช้วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ดังนี้

$$\sum e^2 = \sum [Y - (\beta_0 + \beta_1 X)]^2$$

Minimize ให้ค่าผลบวกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด โดยการหาความสัมพันธ์ของ $\sum e^2$ เทียบกับ β_0 และ β_1 ดังนี้

$$\frac{\partial \sum e^2}{\partial \beta_0} = - \sum 2 [Y - (\beta_0 + \beta_1 X)]$$

$$\frac{\partial \sum e^2}{\partial \beta_1} = - \sum [Y - (\beta_0 + \beta_1 X)] (2X)$$

กำหนดให้ $\frac{\partial \sum e^2}{\partial \beta_0}$ และ $\frac{\partial \sum e^2}{\partial \beta_1}$ มีค่าเท่ากับ 0

จะได้สมการปกติ คือ

$$\Sigma y = n\beta_0 + \beta_1 \Sigma x$$

และ

$$\Sigma xy = n \Sigma x + \beta_1 \Sigma x^2$$

จากนั้นแก้สมการหาค่า β_0 และ β_1 ได้ดังนี้

$$\beta_1 = \frac{n \Sigma xy - [\Sigma x \Sigma y]}{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

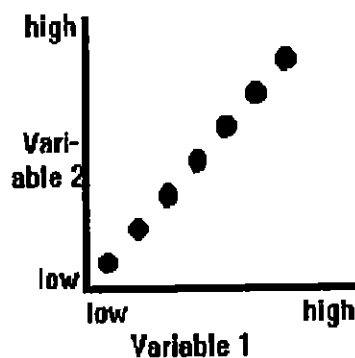
$$\beta_0 = \bar{y} - \bar{x}\beta_1$$

2.4.4 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย หมายถึง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวซึ่งอาจจะมีความสัมพันธ์มากน้อยหรือไม่มีเลย และอาจจะสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันหรือตรงข้ามกัน ซึ่งเราสามารถทราบถึงขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ดังกล่าวได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

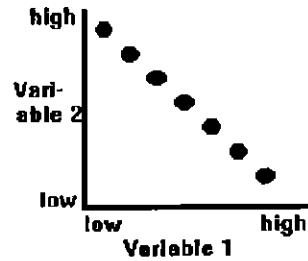
สัมประสิทธิ์จะมีค่าสูงสุดเป็น 1 หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันเป็นอันมาก นอกจากนี้ค่าของสัมประสิทธิ์อาจจะเป็นได้ทั้งบวกและลบ ในกรณีที่เป็นบวกแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าตัวแปรทั้งสองสัมพันธ์กันในทิศทางตรงข้าม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะออกมาเป็นค่าลบ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น 0 เมื่อตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ซึ่งก็หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งจะไม่มีผลทำให้ตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแต่อย่างใด

และเพื่อความเข้าใจ ขอให้พิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลอันได้แก่ตัวแปรทั้งสองตัว (x และ y) ในแผนภาพกระจายต่อไปนี้



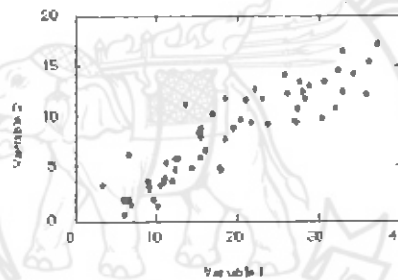
รูปที่ 2.20 ลักษณะการกระจายของข้อมูล

ข้อมูลของตัวแปร x และ y จะเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกันและสหสัมพันธ์สูง กล่าวคือ ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น $+1$



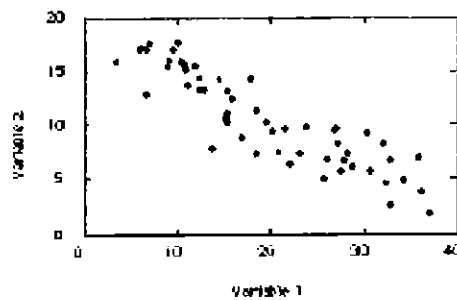
รูปที่ 2.21 ลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น $+1$

ข้อมูลของตัวแปร x และ y จะเคลื่อนไหวไปในทิศทางตรงกันข้ามและสหสัมพันธ์สูง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น -1



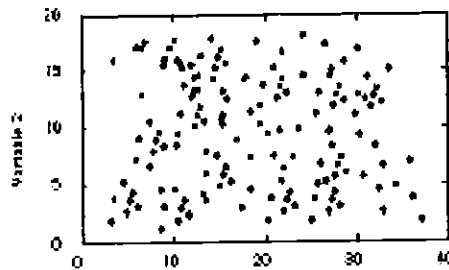
รูปที่ 2.22 ลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็น -1

ข้อมูลของตัวแปร x และ y จะเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกันและสหสัมพันธ์สูงมาก กล่าวคือ ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกัน หรือในทางตรงข้าม ถ้าตัวแปรหนึ่งลดลง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะลดลงในอัตราเดียวกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นบวกและเข้าใกล้ 1



รูปที่ 2.23 ลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นบวกและเข้าใกล้ 1

ตัวแปรทั้งคู่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างมาก เนื่องจากลักษณะการกระจายของข้อมูลที่ไม่กระจายออกจากกันมากนัก โดยที่ทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองมีลักษณะผกผันหรือตรงข้ามกัน เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ออกมาจะเป็นลบ



รูปที่ 2.24 ลักษณะการกระจายของข้อมูลที่ไม่กระจายออกจากกันมากนัก

ลักษณะการกระจายของตัวแปรทั้งสองจะไม่มีทิศทางและรูปแบบที่แน่นอน คือมีการกระจายทุกทิศทางจนไม่สามารถบอกได้ว่า ถ้าตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้ว จะทำให้ตัวแปรอีกตัวหนึ่งเปลี่ยนไปในทิศทางใด ถ้าหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะได้ค่าออกมาเป็น 0 หมายถึง ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กันนั่นเอง

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนั้นสามารถหาได้โดยวิธีง่าย ๆ คือ การพิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลของตัวแปรทั้งสองตัวในแผนภาพการกระจาย ก็สามารถบอกคร่าว ๆ ว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และถ้าสัมพันธ์กันความสัมพันธ์นั้นจะเป็นไปในทิศทางใด แต่ถ้าต้องการทราบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันนั้น ตัวแปรใดเป็นเหตุให้ตัวแปรอีกตัวหนึ่งเปลี่ยนแปลง ไปก็จะต้องหาสมการถดถอยอย่างง่าย

ความสัมพันธ์ระหว่าง r^2 และ R^2

เมื่อ R^2 คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2)

ข้อควรระวัง ถ้าฟังก์ชันถดถอยของ y บน x ไม่ใช่ $y = \beta_0 + \beta_1 x$ (นั่นคือ ไม่เป็นเส้นตรงใน X) แล้ว R^2 จะไม่เท่ากับ r^2 อย่างไรก็ตามเนื่องจากในบทนี้เกี่ยวข้องกับเฉพาะการถดถอยเชิงเส้นเท่านั้น ดังนั้นเราอาจใช้สัญลักษณ์ r^2 แทนสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ได้

2.4.5 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย

ขั้นที่ 1 คำนวณ S_{xx} , s_{yy} และ s_{xy}

$$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}$$

ขั้นที่ 2 คำนวณหา β_0 และ β_1

$$\beta_1 = \frac{S_{xx}}{S_{xy}}$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \bar{x}\beta_1$$

ขั้นที่ 3 เขียนสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

ขั้นที่ 4 ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : \beta_1 = 0$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0$$

$$\text{ค่าสถิติ } t \quad t = \frac{\beta_1}{\frac{\sigma}{\sqrt{S_{xx}}}}$$

$$\text{โดย } \sigma = \frac{S_{yy} - (\beta_1 S_{xy})}{n-2}$$

ถ้า $t_{\text{คำนวณ}} > t_{\alpha/2, n-2}$; $t_{\text{คำนวณ}} < -t_{\alpha/2, n-2}$ ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 , แสดงว่าความสัมพันธ์ x และ y สัมพันธ์กัน

ขั้นที่ 5 ทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (sample correlation coefficient ; r)

$$r = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx}s_{yy}}}$$

ถ้า $r = 0$ แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน

$r < 0.30$ แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำ

$0.50 < r < 0.80 = 0$ แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันปานกลาง

(สมการนำไปใช้งานได้)

$r > 0.80$ แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันสูง (สมการนำไปใช้งานได้)

* หมายเหตุ *

ในกรณีที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แล้วค่าที่ได้นั้นคิดลบ หมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวนั้นมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน (เมื่อตัวหนึ่งเพิ่ม อีกตัวจะลด หรือเมื่อตัวหนึ่งลด อีกตัวก็จะเพิ่มแทน) เพื่อไม่ให้เกิดการสับสน ให้ทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในรูปของค่าสัมบูรณ์ คือ

$$r = \left| \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx}s_{yy}}} \right|$$

2.5 ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม (Cumulative Density Function)

นิยาม “ ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของตัวแปรสุ่ม X คือฟังก์ชันซึ่งแสดงถึงค่าความน่าจะเป็นสะสมเมื่อ X มีค่าน้อยกว่าค่าใดค่าหนึ่ง ”

- เขียนย่อได้ว่า C.D.F. หรือ c.d.f.

- C.D.F. ของ X คือ $F(x) = P(X \leq x)$ ซึ่งมี 2 ประเภท ดังนี้

2.5.1 ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสมสำหรับตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (DRV)

$$F(x) = \sum_{x=a}^x f(x) \quad ; x = a, a+1, \dots, b$$

$$\text{หรือ} = P(X = a) + P(X = a+1) + \dots + P(X = x)$$

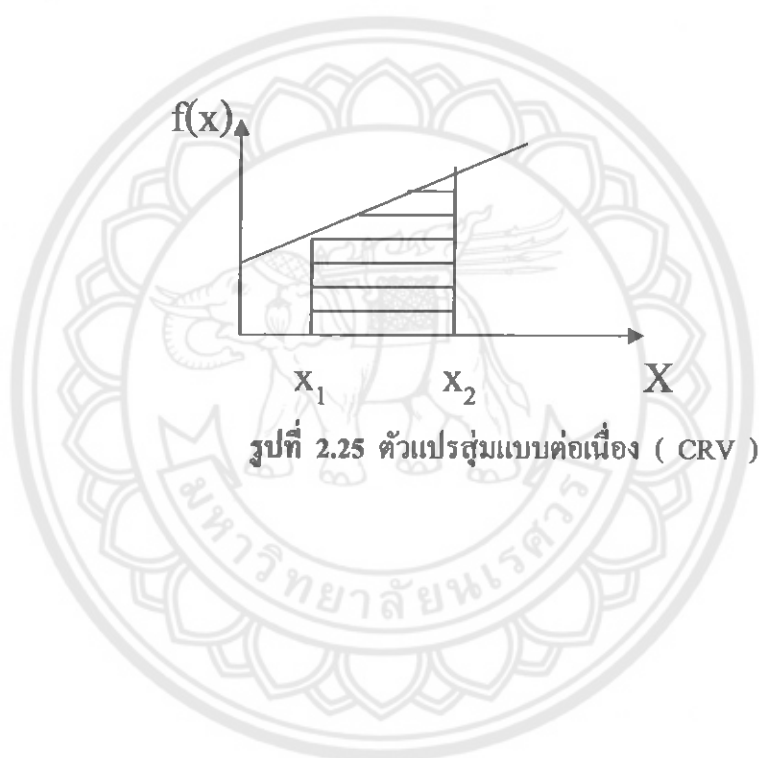
$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = F(x_2) - F(x_1 - 1)$$

$$\text{หรือ} = F(x_2) - F(x_1) + P(X = x_1)$$

2.5.2 ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสมสำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (CRV)

$$F(x) = \int_a^x f(x)dx \quad ; \quad a < x < b$$

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = F(x_2) - F(x_1)$$



บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงการ

วิธีดำเนินโครงการประกอบไปด้วยขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่สะสมเป็นรายวัน หรือทุก ๆ 24 ชั่วโมง ใช้ข้อมูลทั้งหมด 6 เดือน คือ เดือนพฤษภาคม เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน และเดือนตุลาคม ของปีพุทธศักราช 2553 โดยกำหนดพื้นที่ศึกษา คือ กลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย (รูปที่ 3.1) ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ศึกษานั้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย

3.1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากดาวเทียม TRMM ซึ่งนำข้อมูลมาจาก
<http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/realtime.3B42RT.2.shtml> ซึ่งจะกำหนดค่าพิกัด
 ตามรูปที่ 3.2

(an error occurred while processing this directive)



Experimental Real-Time TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA-RT): 3B42RT

This interface is designed for visualization and analysis of the Experimental Real-Time TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA-RT): 3B42RT.

Users can generate plots or ASCII Output for area average (Lat-Lon Map), time series (Time Series), and Hovmöller diagram. The animation is available for Lat-Lon Maps. Selecting [here](#) or the Help buttons will open a new window with detailed help. [More details about the data are also available.](#)

Help

Alert: A new window may be opened when a link or a button is selected below.

This is non Java/JavaScript version for TRMM 3B42RT. [Click for Java/JavaScript version.](#)
 Use text input boxes below the map to specify area; maximum area is -60 ~ 60 and -180 ~ 180.



West Longitude: 99 North Latitude: 20
 East Longitude: 105 South Latitude: 15

รูปที่ 3.2 ค่าพิกัดของข้อมูลบริเวณดุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย

จากนั้นก็กำหนดวันที่ เดือน ปี ที่เราต้องการที่จะทราบข้อมูลน้ำฝน ตามรูปที่ 3.3

3-hourly TMPA-RT

 Plot Type: Lat-Lon Map
 Begin Date: yr 2010 mo May dy 1 hr 00Z (Data Begin: 2008/10/01 00Z)
 End Date: yr 2010 mo May dy 2 hr 00Z (Data End: 2011/01/05 12Z)
 Please check TMPA-RT Data Outages page
 Color Options: Pre-defined Dynamic
 Customized (linear only): Min Max
 Time Series Plot Dynamic
 Y-Axis Options: Customized: Min Max Interval
 ASCII Output Resolution: 0.25x0.25

รูปที่ 3.3 ข้อมูลที่ต้องกรอก ที่แสดงอยู่บนหน้าเว็บไซต์

เมื่อกำหนดวันที่ เดือน ปี เสร็จเรียบร้อยแล้วก็กดตรงคำว่า ASCII Output ก็จะได้ข้อมูลออกมาตามรูปที่ 3.4

Selected parameter: 3-hourly TMPA-RT Accumulated Rainfall
 Selected area: lat=[15N,20N], lon=[99E,105E]
 Selected time period: (00Z01May2010-00Z02May2010)
 Undefined/Missing Value: -99999
 Unit: (mm)

Latitude	Longitude	AccRain
15.000	99.000	4.0800
15.000	99.250	7.1100
15.000	99.500	4.7100
15.000	99.750	0.0000
15.000	100.000	0.0000
15.000	100.250	0.0000
15.000	100.500	0.0000
15.000	100.750	0.0000
15.000	101.000	0.0000
15.000	101.250	0.0000
15.000	101.500	0.0000
15.000	101.750	0.0000
15.000	102.000	0.0000
15.000	102.250	0.0000

รูปที่ 3.4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ได้ออกมาจากเวปไซด์

เมื่อได้ข้อมูลน้ำฝนแล้วก็ทำการ Copy ของมูลทั้งหมดไปวางไว้ใน Microsoft Excel ตาม

รูปที่ 3.5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1		Selected parameter: 3-hourly TMPA-RT Accumulated Rainfall																	
2		Selected area: lat=[15N,20N], lon=[99E,105E]																	
3		Selected time period: (00Z01May2010-00Z02May2010)																	
4		Undefined/Missing Value: -99999																	
5		Unit: (mm)																	
6		Latitude Longitude AccRain																	
7		15.000	99.000	4.0800															
8		15.000	99.250	7.1100															
9		15.000	99.500	4.7100															
10		15.000	99.750	0.0000															
11		15.000	100.000	0.0000															
12		15.000	100.250	0.0000															
13		15.000	100.500	0.0000															
14		15.000	100.750	0.0000															
15		15.000	101.000	0.0000															
16		15.000	101.250	0.0000															
17		15.000	101.500	0.0000															
18		15.000	101.750	0.0000															
19		15.000	102.000	0.0000															
20		15.000	102.250	0.0000															
21		15.000	102.500	0.0000															
22		15.000	102.750	0.0000															
23		15.000	103.000	0.0000															
24		15.000	103.250	0.0000															

รูปที่ 3.5 copy ข้อมูลที่ได้ไปวางไว้ใน Microsoft Excel

จากนั้นก็ทำการแยกเซลล์ออกจากกันโดยไปที่ แถบเมนู > ข้อมูล > ข้อความเป็นคอลัมน์
 แล้วก็กดตรงคำว่าเสร็จสิ้น เซลล์แต่ละเซลล์ก็จะแยกออกจากกัน จากนั้นก็ลบข้อความ 5 บรรทัด
 บนสุดออก ก็จะได้ตามรูปที่ 3.6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Latitude	Longitude	Altitude												
2		15.000	99.000	4.080											
3		15.000	99.250	7.110											
4		15.000	99.500	4.710											
5		15.000	99.750	0.000											
6		15.000	100.000	0.000											
7		15.000	100.250	0.000											
8		15.000	100.500	0.000											
9		15.000	100.750	0.000											
10		15.000	101.000	0.000											
11		15.000	101.250	0.000											
12		15.000	101.500	0.000											
13		15.000	101.750	0.000											

รูปที่ 3.6 แยกเซลล์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่นำมาวางออกจากกัน

จากนั้นทำการแปลงค่าพิกัดจาก Geographic เป็น UTM ทั้ง Longitude และ Latitude โดยใช้โปรแกรมจากเว็บ <http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>



Chuck Taylor

Geographic/UTM Coordinate Converter

You can convert between geographic coordinates and Universal Transverse Mercator (UTM) coordinates using this form.

Note: This is a JavaScript-powered form. If you have difficulties using this form, check your browser's settings to make sure you have enabled JavaScript.

Programmers: The JavaScript source code in this document may be copied and reused without restriction.

If you have a Java 1.1-compliant browser, and especially if you need to use an ellipsoid model other than WGS84, you may want to try the [Coordinate and Datum Transformations tool](#).

Geographic (degrees decimal)	To/From	UTM
lon 98	<input type="text" value="22"/>	x (easting) 500800
lat 15	<input type="text" value="11"/>	y (northing) 1658325.9934411
	zone	47
	hemisphere	N S

Geographic coordinates are entered and displayed in decimal degrees. Negative numbers indicate West longitudes and South latitudes. UTM coordinates are entered and displayed in meters. The ellipsoid model used for computations is WGS84.

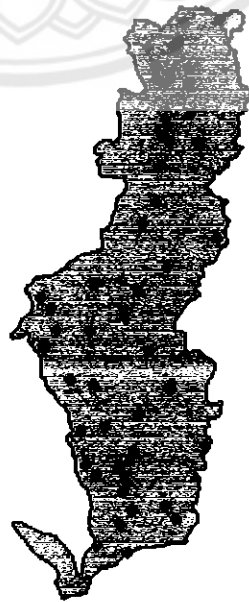
รูปที่ 3.7 หน้าเว็บไซต์ที่ใช้ในการแปลงค่าพิกัดจาก Geographic เป็น UTM

เมื่อแปลงข้อมูลเรียบบร้อย จะได้ข้อมูลออกมาตามรูปที่ 3.8 จากนั้นก็ทำการ Save ข้อมูล

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	X (Longitude)	Y (Latitude)	Acc Rain						
2	500000	1658326	4.050						
3	526151	1658326	7.110						
4	552303	1658326	4.710						
5	578456	1658326	0.000						
6	604609	1658326	0.000						
7	630765	1658326	0.000						
8	656922	1658326	0.000						
9	683081	1658326	0.000						
10	709243	1658326	0.000						
11	735409	1658326	0.000						
12	761577	1658326	0.000						
13	787750	1658326	0.000						

รูปที่ 3.8 ค่าพิกัดที่ได้จากการแปลงค่าพิกัดจาก Geographic เป็น UTM

3.1.2 ค้นหาและรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย ซึ่งที่ตั้งสถานีในบริเวณลุ่มน้ำน่านจะแสดงตามรูปที่ 3.9 และพิกัดของสถานีต่าง ๆ จะแสดงตามตารางที่ 3.1 โดยเรานำข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีภาคพื้นดินมาจากรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ข้อมูลที่ได้มาจะเป็นดังภาพที่ 3.10



รูปที่ 3.9 จุดที่ตั้งสถานีภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย

ตารางที่ 3.1 พิกัดและชื่อสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน บริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย

LONGITUDE	LATITUDE	STATION_ID	STATION_NA
668168	1769177	3860010	อบต.หัวตุก
647251	1774675	3860001	อบต.เมอไกร
663231	1789943	3860005	อบต.วังทุม
698998	1793973	3790001	อบต.พุทธบาท
670846	1800665	3860013	อบต.เขาเจ็ดยุก
692832	1804377	3790002	อบต.วังโป่ง
664329	1814487	3860004	อบต.วังทรายพูน
666283	1821523	3860007	อบต.วังทับไทร
646926	1826100	3860011	อบต.ป่ามะคาบ
661367	1830602	3860009	อบต.หนองหญ้าไทร
639757	1833610	3780006	อบต.บางกระทุ่ม
670785	1843438	3780008	อบต.ชมพู
717956	1848054	3790003	อบต.ทุ่งสมอ
635979	1857474	3780010	สศอ.พินิจโลก
652968	1861700	3780001	อบต.วังทอง
674873	1871427	3780007	อบต.แก่งโสภา
694628	1891648	3780004	ทต.นครไทย
644060	1892397	3780009	อบต.เนินลาด
628584	1896536	3780002	อบต.ดงประคำ
680132	1917123	3780005	อบต.ชาติตระการ
611985	1918716	3510001	อบต.ไร่ช้อย
641787	1931674	3510007	ทต.ทองแสนขัน
619393	1932973	3510009	อบต.วังแดง
663966	1944522	3510008	อบต.น้ำไคร้
616395	1948982	3510010	สศอ.อุตรดิตถ์
608678	1956647	3510004	อบต.แม่พูล
673750	1960797	3510002	อบต.แสนตอ
645200	1966471	3510003	อบต.ท่าปลา
692859	1979870	3510005	อบต.บ้านเสี้ยว
725060	2000954	3510006	อบต.ม่วงเจ็ดต้น
676062	2011666	3310007	อบต.นาทะนุง
683906	2027882	3310001	อบต.ศิระเกษ
688074	2054427	3310002	อบต.โหล่นน่าน
711703	2071283	3310004	ทต.หนองแดง
692380	2072213	3310006	อบต.น้ำก้อน
687403	2077388	3312001	น่าน
689604	2089011	3310013	บ้านหาดผาขน
706120	2091678	3310017	รร.บ้านศรีนันทน์
704726	2112864	3310012	รร.ชุมชนศิลาเพชร
689664	2114042	3312002	ท่าวังผา
684575	2117832	3310016	รร.แสงทองวิทยา
692421	2122086	3310009	บ้านศาลา
705002	2125842	3310011	รร.บ้านน่ม่าง
684269	2127327	3310010	บ้านปางสา
696716	2138406	3310003	อบต.เปือ
678662	2141474	3310015	ที่ว่าการ อ.สองแคว
697930	2147486	3312003	ทุ่งช้าง
701893	2159432	3310008	รร.บ้านปอน
725265	2162666	3310014	รร.บ้านกัวจันทร์

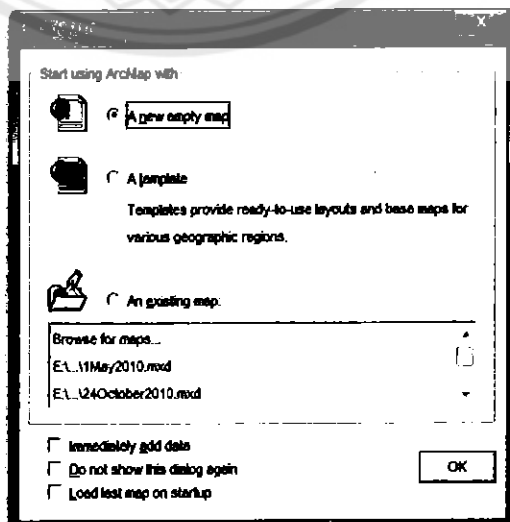
A1	Station_Id	Rec_Date	Rec_Time	Rec_Time_Hr	Rec_Time_Min	Rf_15m	Rf_30m	Rf_1h	Rf_2h	Rf_3h	Rf_6h	Rf_12h	Rf_24h	Rf_48h	Rf_72h	Insert_Date	Calculate	Recalculate_Date
1	3030001	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8	00:00:0	
2	3030002	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
3	3030003	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
4	3030004	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8	00:00:0	
5	3030005	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
6	3030006	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
7	3030007	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
8	3030008	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	5.5	5.5	8	07:21:8		
9	3030009	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
10	3030010	00:00:0	7	0	0	0	0	0	3	3	3	3	11.5	31	35.5	07:21:8		
11	3030011	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0.5	1	1	1	1	1	1	07:21:8		
12	3030012	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0.5	2	2.5	7	18.5	7	07:21:8		
13	3030013	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
14	3030014	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
15	3030015	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
16	3030016	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	31	31.5	07:21:8		
17	3030017	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
18	3030018	00:00:0	7	0	0	0.5	1	1	1	1	1	1	20.5	51.5	52	07:21:8		00:00:0
19	3030019	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
20	3030020	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5.5	07:21:8		
21	3030021	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
22	3100001	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
23	3100002	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	07:21:8		
24	3100003	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
25	3100004	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:21:8		
26	3100005	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	11.5	12	18.5	07:21:8	
27	3100006	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15.5	15.5	15.5	26.5	07:21:8		
28	3100007	00:00:0	7	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	15.5	19.5	07:21:8		
29	3100008	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	15	18	28.5	07:21:8		
30	3270001	00:00:0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	07:22:0		

รูปที่ 3.10 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

จากนั้นก็ทำการเลือกเฉพาะสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่เราต้องการ คือ สถานีที่อยู่ในลุ่มน้ำ่าน ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 49 สถานี

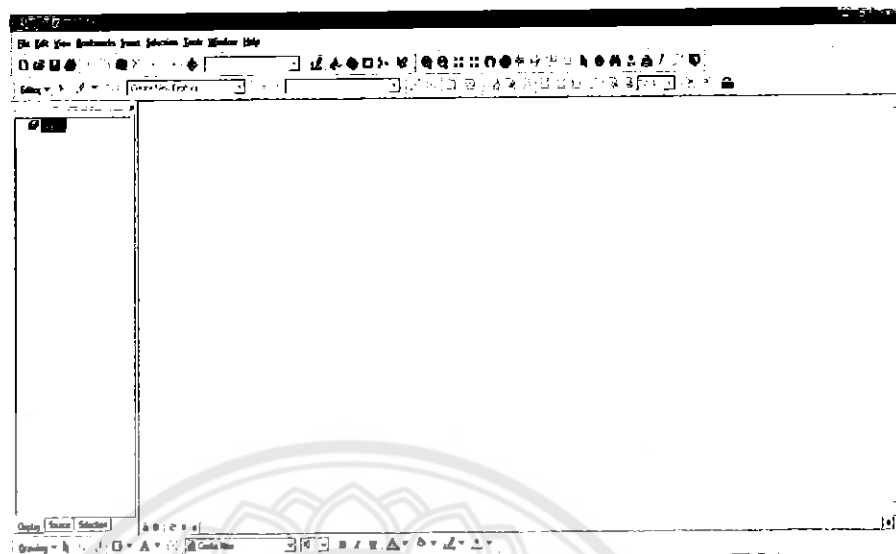
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS

3.2.1 ขั้นตอนการพัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS ของปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM โดยนำข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ทำตามขั้นตอนในหัวข้อที่ 3.1.1 เรียบร้อยแล้ว ไปพัฒนาเป็นฐานข้อมูลในโปรแกรม ArcGIS โดยไปที่โปรแกรม ArcGIS > ArcMap โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างขึ้นมาตามรูปที่ 3.11



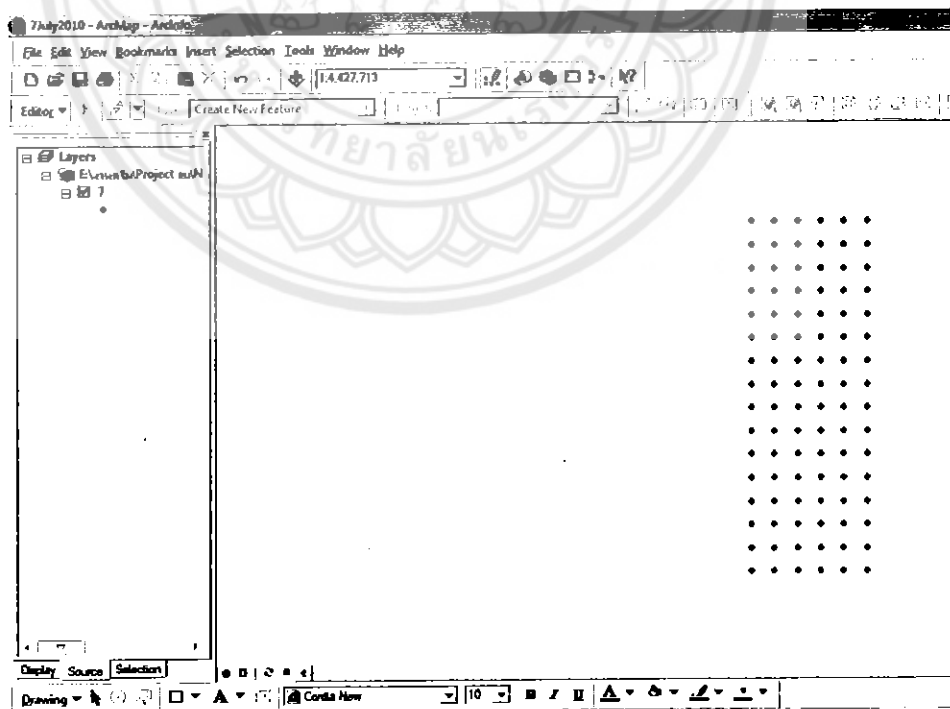
รูปที่ 3.11 หน้าต่างการใช้งานเริ่มต้นของโปรแกรม ArcGIS

จากนั้นก็กดตรงคำว่า OK หน้าจอจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรมตามรูปที่ 3.12



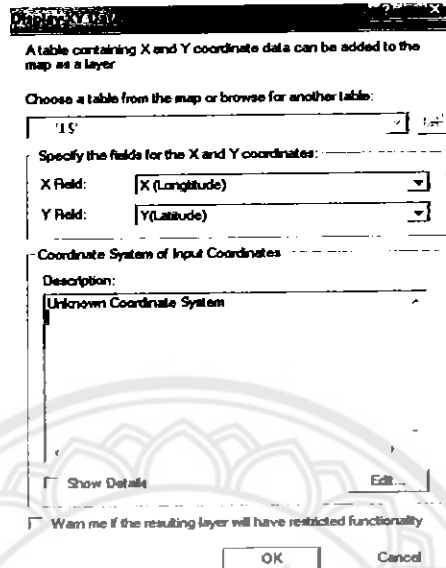
รูปที่ 3.12 รูปร่าง ลักษณะของโปรแกรม ArcGIS

จากนั้นเราจะนำข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่เราได้ Save ไว้ใน Microsoft Excel เข้ามาในโปรแกรม ArcMap เพื่อพัฒนาเป็นฐานข้อมูลใน ArcGIS โดยไปกดตรงปุ่ม Add Data () จากนั้นก็เลือกไปยังไฟล์เดอร์ที่เราบันทึกข้อมูลไว้ จากนั้นก็กดคำว่า Add ตามรูปที่ 3.13




รูปที่ 3.13 ข้อมูลที่นำเข้ามาในโปรแกรม ArcGIS จาก Microsoft Excel


จะพัฒนาเป็นฐานข้อมูลใน ArcGIS โดยคลิกขวาตรงข้อมูลที่น่าเข้ามาจะอยู่ด้านซ้ายมือได้ คำว่า Layer จากนั้นก็คลิกคำว่า Display XY Data กำหนด X Field คือ Longitude และ Y Field คือ Latitude

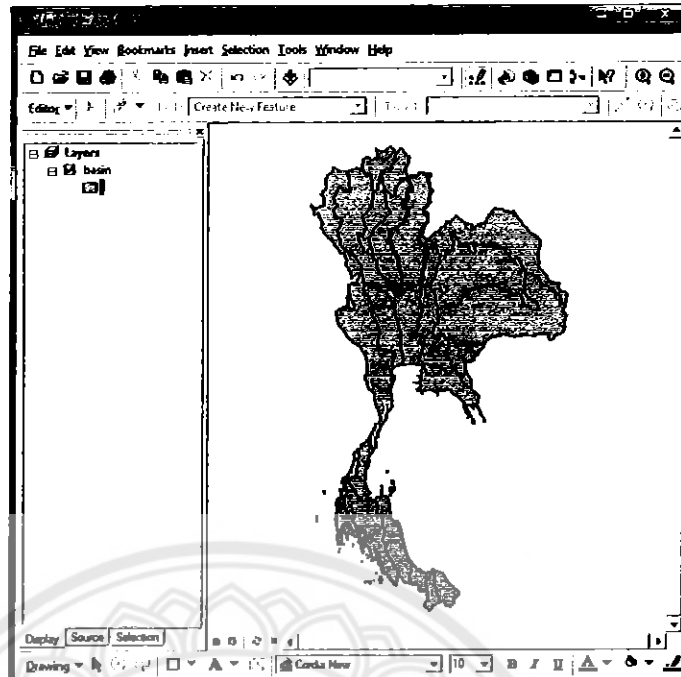


รูปที่ 3.14 ลักษณะหน้าต่างของ Display XY Data

จากนั้นกดตรงคำว่า Edit > Select > Projected Coordinate Systems > UTM > WGS 1984 > WGS 1984 UTM Zone 47N.prj > กดตรงคำว่า Add > กดตรงคำว่า OK ต่อจากนั้นก็กดตรงคำว่า Display > คลิกขวาตรงไฟล์ที่ปรากฏอยู่ > Data > Export Data >  > เลือกไฟล์เดอร์ที่ต้องการที่จะ Save พร้อมตั้งชื่อไฟล์

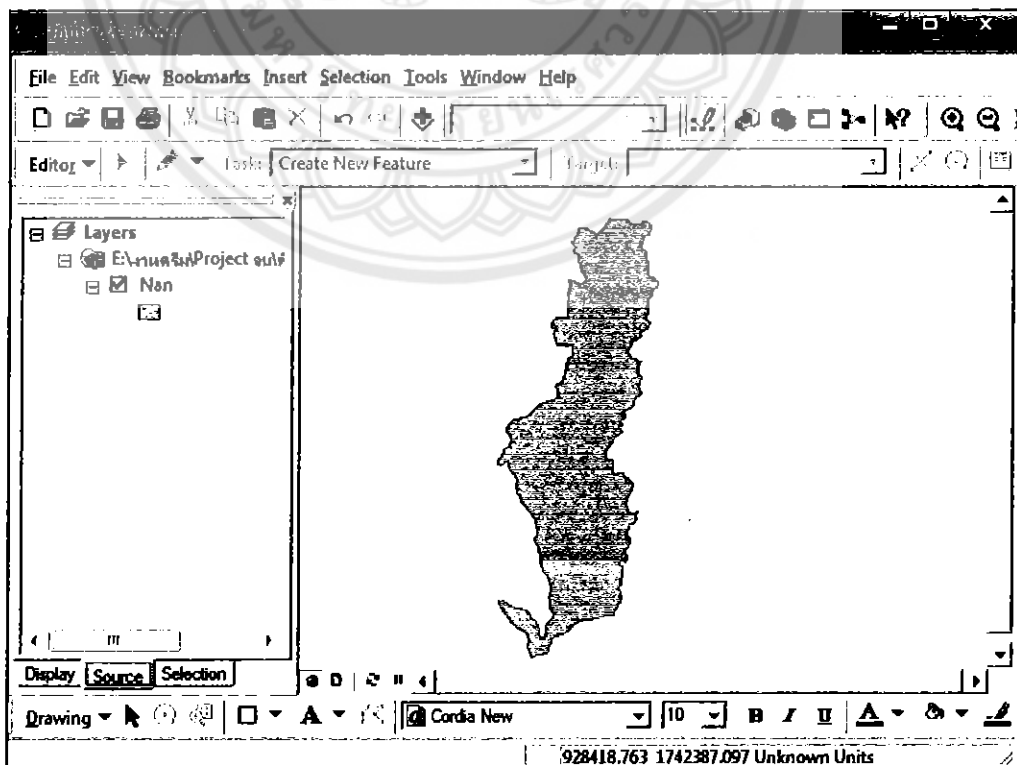
3.2.2 การปรับข้อมูลน้ำฝนลงพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยนำข้อมูลมาทำการ Overlay กัน ทำการนำจุดข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากดาวเทียม TRMM ที่พัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS เรียบร้อยแล้วในหัวข้อที่ 3.2.1 กับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย และจุดสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่พัฒนาเป็นฐานข้อมูลใน ArcGIS เรียบร้อยแล้ว มาทำการ Overlay กัน

3.2.2.1 วิธีการตัดพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย จากค่าพิกัด UTM ที่เรามีทั้งประเทศไทยโดย ArcMap กดตรงปุ่มนี้  เพื่อนำข้อมูลจากไฟล์เดอร์ที่เราบันทึกไว้เข้ามาในโปรแกรม Arc Map > กดตรงคำว่า Display > คลิกขวาที่ไฟล์ข้อมูล > เลือก Open Attribute Table > เลือกแถวที่มีคำว่า “แม่ น้ำ น่าน ” > คลิกปิดที่เครื่องหมายกากบาท จะปรากฏตามรูปที่ 3.15




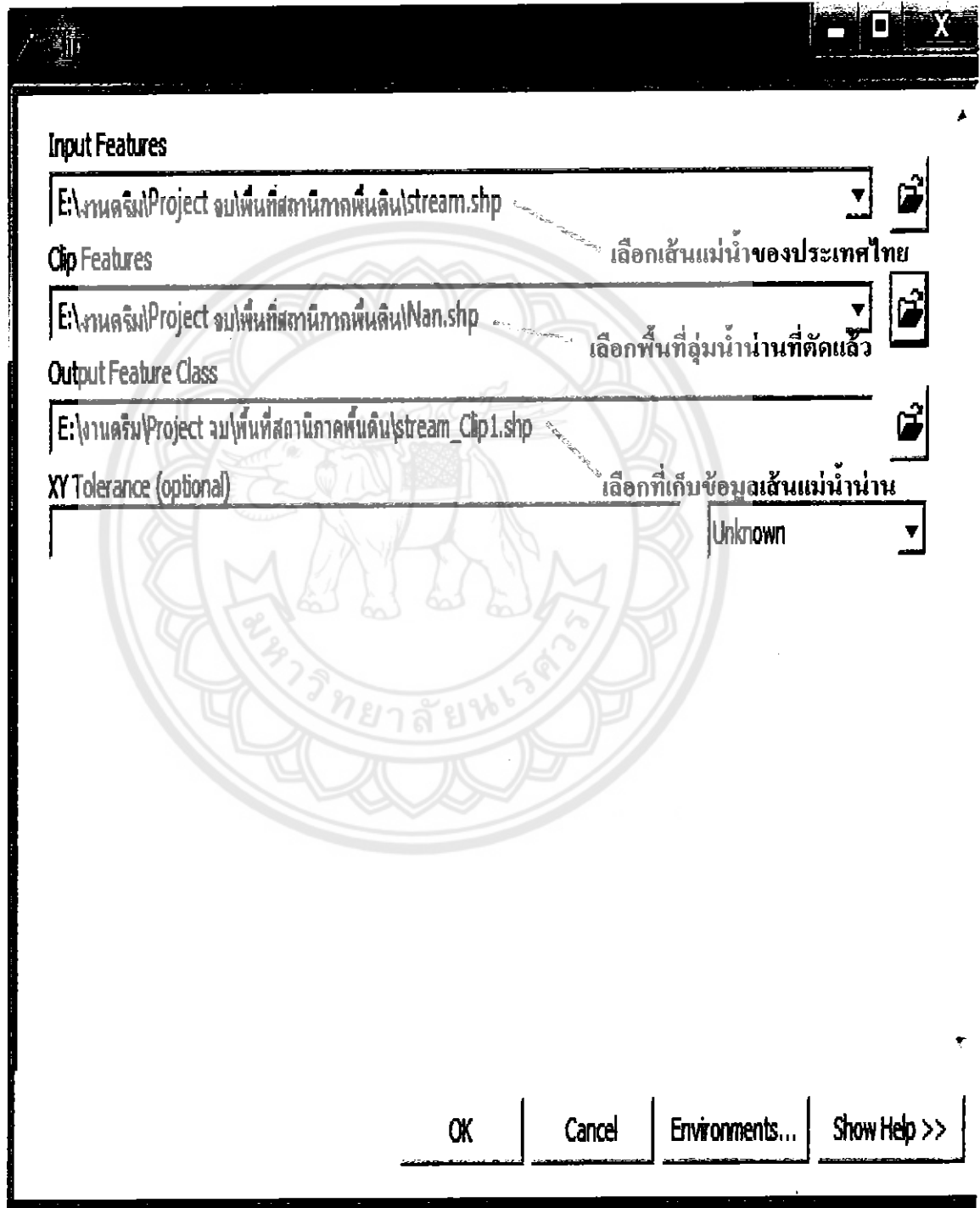
รูปที่ 3.15 การตัดพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย

จากนั้นคลิกขวาที่ไฟล์ข้อมูล > Data > Export Data >  > เลือกไฟล์เดอร์ที่ต้องการที่จะ Save พร้อมทั้งชื่อไฟล์ ก็จะได้ลุ่มน้ำน่านที่ต้องการออกมาตามรูปที่ 3.16



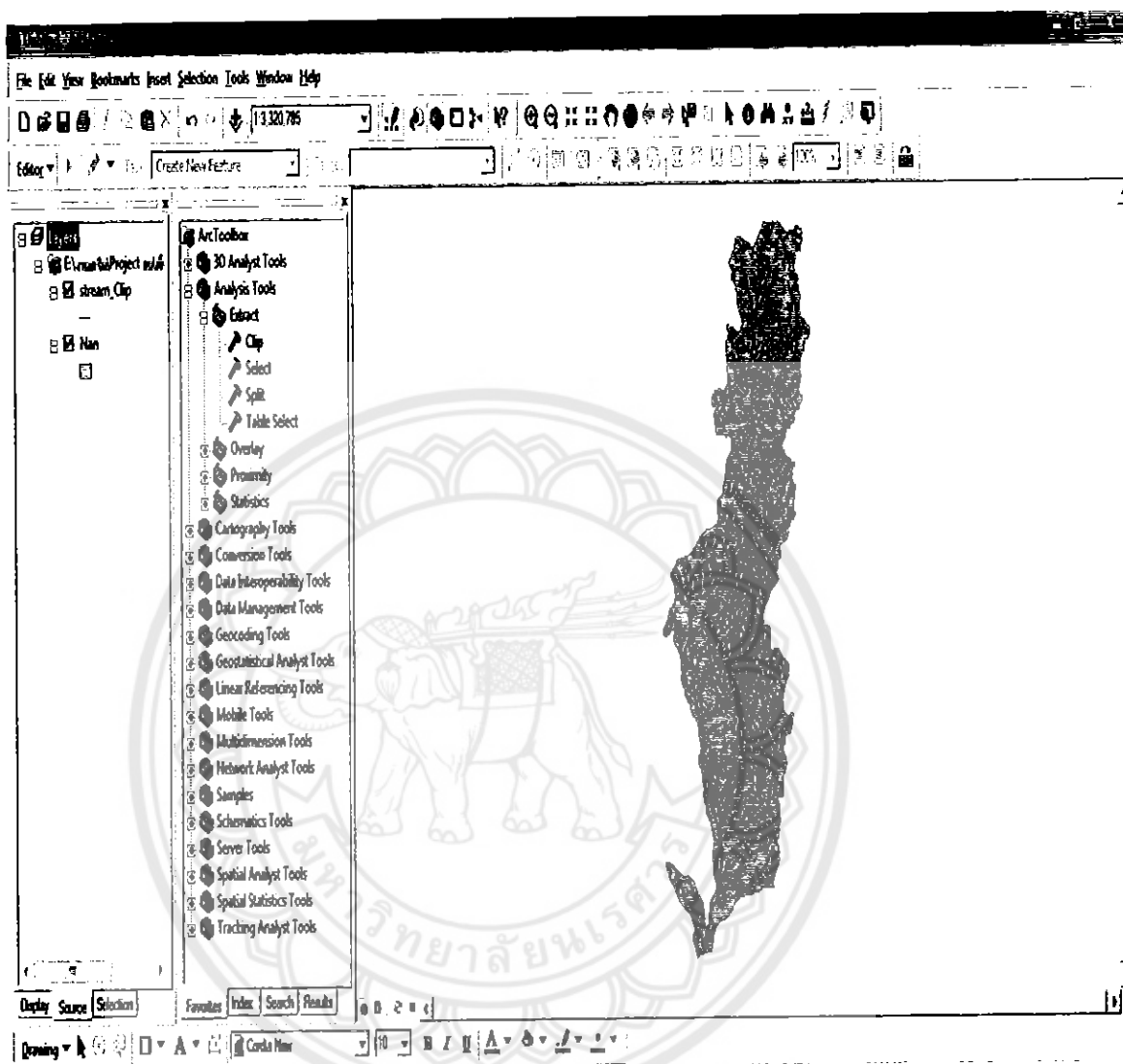
รูปที่ 3.16 ลักษณะลุ่มน้ำน่านที่ตัดออกมาได้

3.2.2.2 วิธีการตัดเส้นแม่น้ำของกลุ่มน้ำน่าน จากเส้นแม่น้ำในแผนที่ประเทศไทย จากค่าพิกัด UTM ที่เรามีโดยใช้ ArcMap เมื่อตัดพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำเสร็จแล้วดึงภาพด้านบน ก็ไปคลิกที่  > Analysis Tools > Extract > Clip จากนั้นเราก็กำหนดค่าในแต่ละช่องลงไป ตามรูปที่ 3.17




รูปที่ 3.17 การกำหนดค่าที่ใช้ในการตัดเส้นแม่น้ำลุ่มน้ำน่าน

จากนั้นก็กด O.K. จะปรากฏตามรูปที่ 3.18 ด้านล่าง



รูปที่ 3.18 เส้นแม่น้ำในบริเวณลุ่มน้ำน่าน

ถ้าต้องการทำเป็นแผนที่ก็คลิกที่ Change Layout (| ) > เลือกรูปแบบแผนที่ที่เราต้องการ เมื่อเลือกเสร็จก็กด Finish

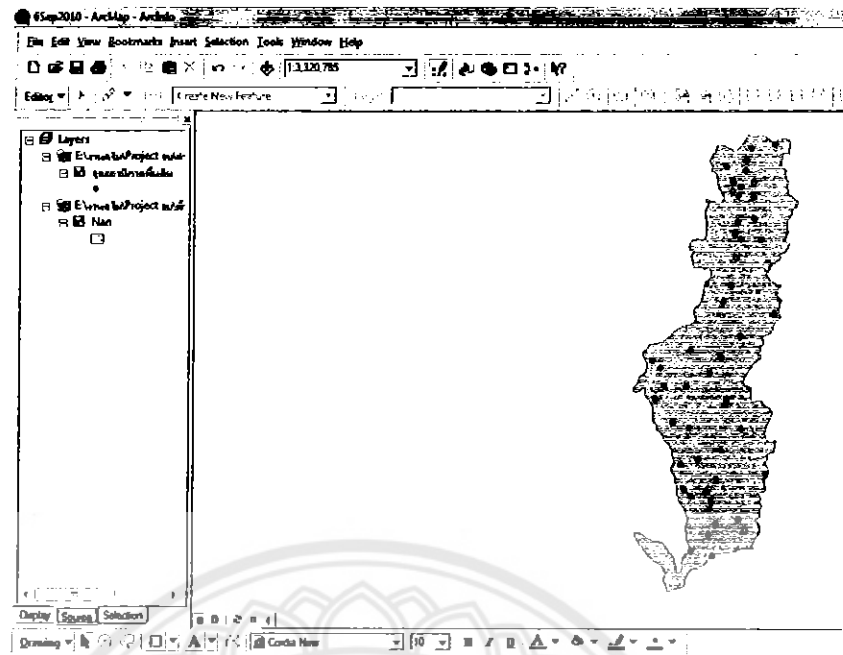
จากนั้นทำการ Save แผนที่ที่ทำ โดยไปที่ File > Export Map > ใส่ชื่อที่ต้องการ > เลือก Type ของภาพเป็น JPEG > กด Save ก็จะได้ภาพออกมาตามรูปที่ 3.19




รูปที่ 3.19 แผนที่แสดงเส้นแม่น้ำ และพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย

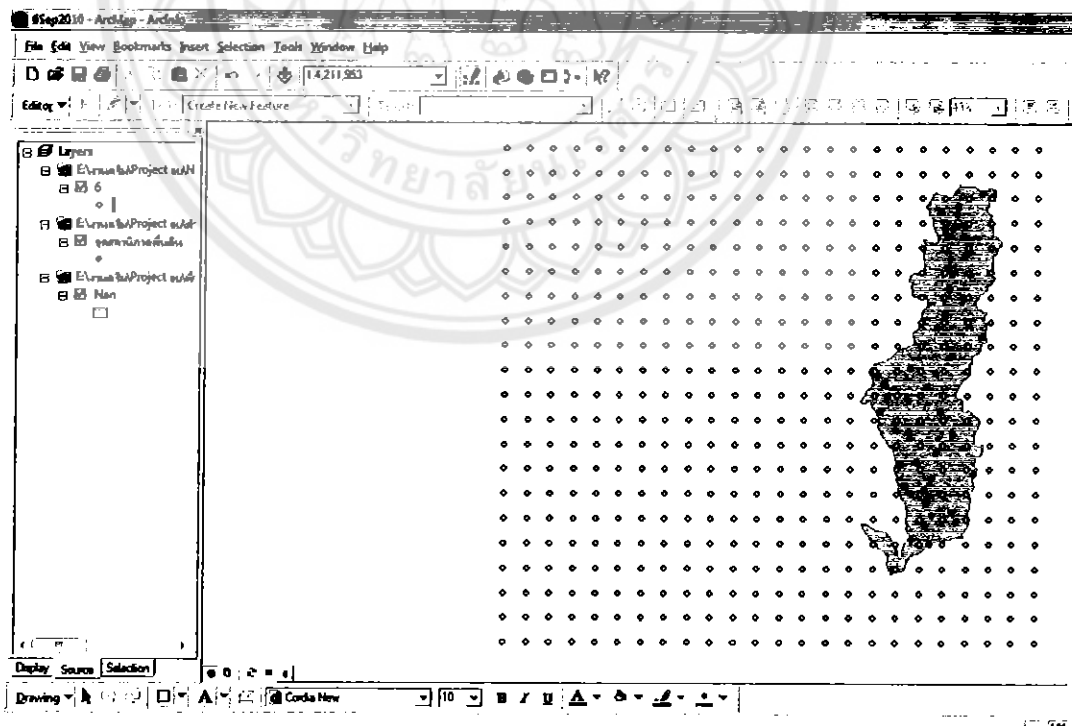
3.3 การหาค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

3.3.1 การนำเข้าจุดสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย โดยนำข้อมูลเข้ามาในลักษณะเดียวกันกับในหัวข้อ 3.2.1 ก่อนที่จะนำข้อมูลเข้ามาได้ จะต้องรู้พิกัดที่เป็น UTM ของแต่ละสถานีในบริเวณลุ่มน้ำน่านก่อน เมื่อนำตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินเข้ามาแล้ว ก็จะปรากฏตามรูปที่ 3.20




รูปที่ 3.20 ตำแหน่งสถานีภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่าน ที่นำเข้ามาใน ArcGIS

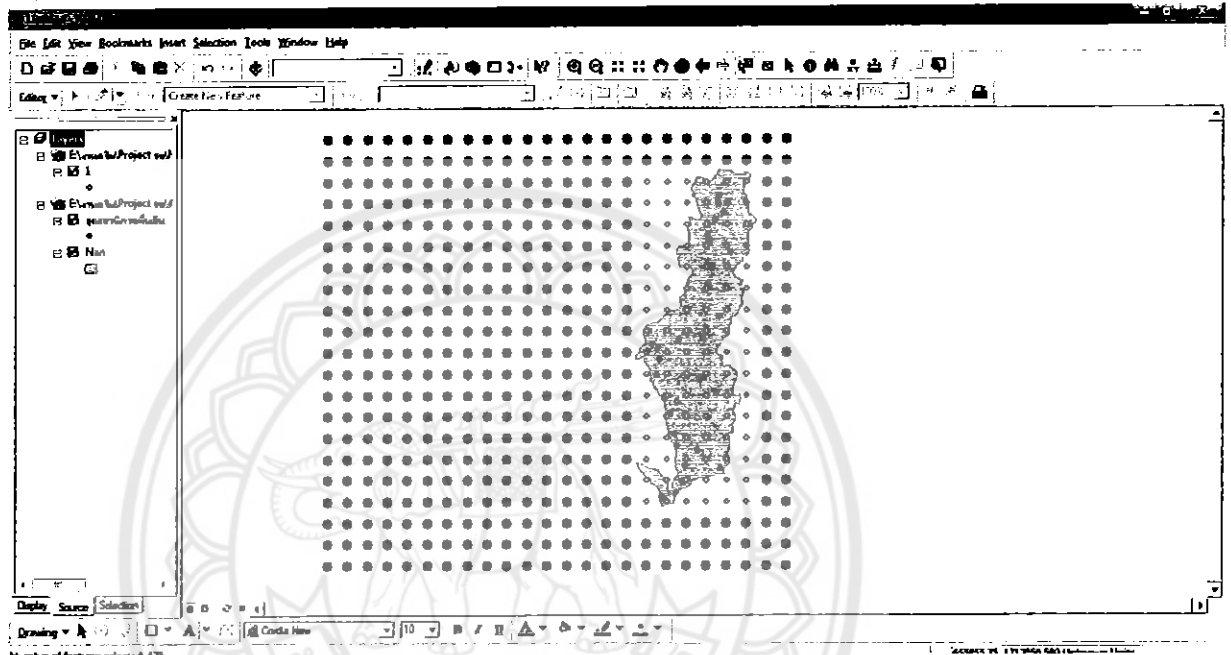
จากนั้นทำการ Add data () ของข้อมูลน้ำฝนที่เราจากดาวเทียม TRMM ที่ได้พัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS ไว้ จะได้ตามรูปที่ 3.21




รูปที่ 3.21 นำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่าน

และจุดสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

จากนั้นจะทำการตัดพิกัดของจุดข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่เรานำเข้ามาให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน เพื่อทำการลดปริมาณจุดข้อมูลให้เหลือเพียงเท่าที่จำเป็นที่จะต้องใช้ โดยเลือกปุ่ม Select features () แล้วคลิกขวาลากให้ครอบคลุมจุดข้อมูลที่ไม่ต้องการ ถ้าคลิกขวาแล้วลากครั้งแรกยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่ไม่ต้องการ ก็ให้กด Shift ค้างไว้แล้วคลิกขวาลากคลุมจุดข้อมูลที่เหลือต่อไปให้หมด จะได้ตามรูปที่ 3.22





รูปที่ 3.22 ทำการตัดข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ไม่ได้อยู่ในลุ่มน้ำน่านทิ้ง

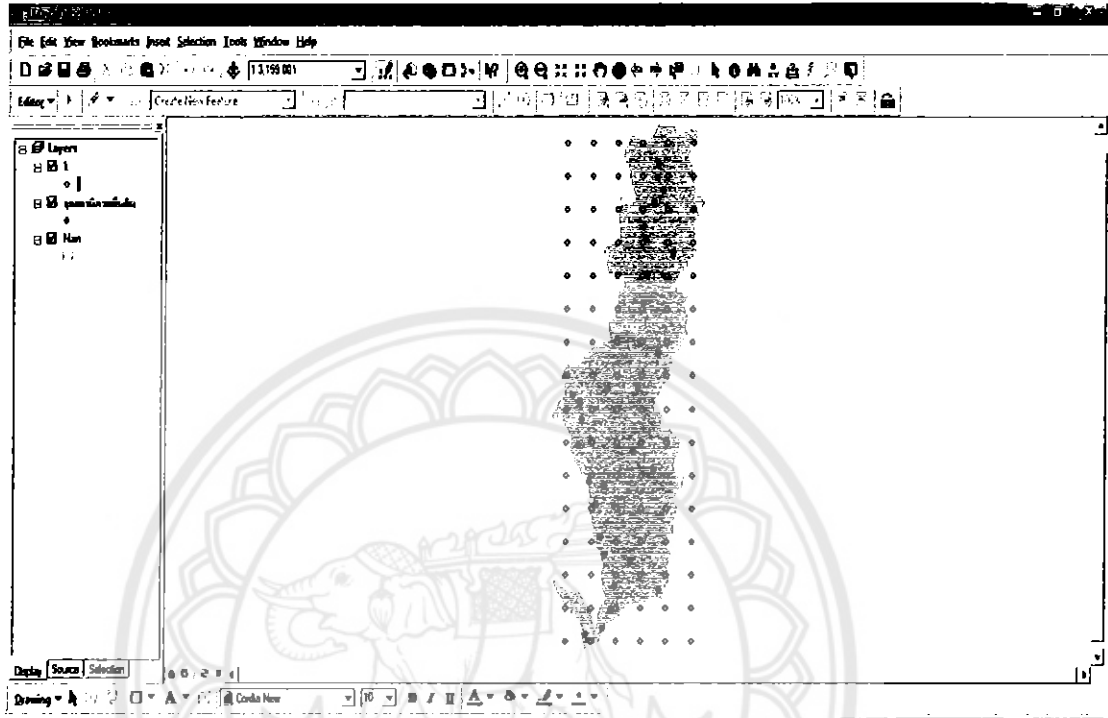
จากนั้นเลือกที่  > Start Editing > เลือกไฟล์ที่บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่พัฒนาเป็นฐานข้อมูล ArcGIS แล้ว > กด O.K. > คลิกขวาที่ไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่อยู่ทางด้านซ้ายมือด้านล่างของคำว่า "Layers" > เลือก Open Attribute Table หน้าจอจะปรากฏตามภาพที่ 3.23

The image shows the 'Open Attribute Table' window. It displays a table with columns for 'FID', 'Name', 'X_Shape', 'Y_Shape', and 'Value'. The table contains 525 records, with 429 records selected. The status bar at the bottom indicates 'Records: 16 | 1 | Show: All Selected | Records: 429 out of 525 Selected | Options'.

FID	Name	X_Shape	Y_Shape	Value
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				


รูปที่ 3.23 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ไม่ได้อยู่ในลุ่มน้ำน่าน ที่จะทำการตัดทิ้ง

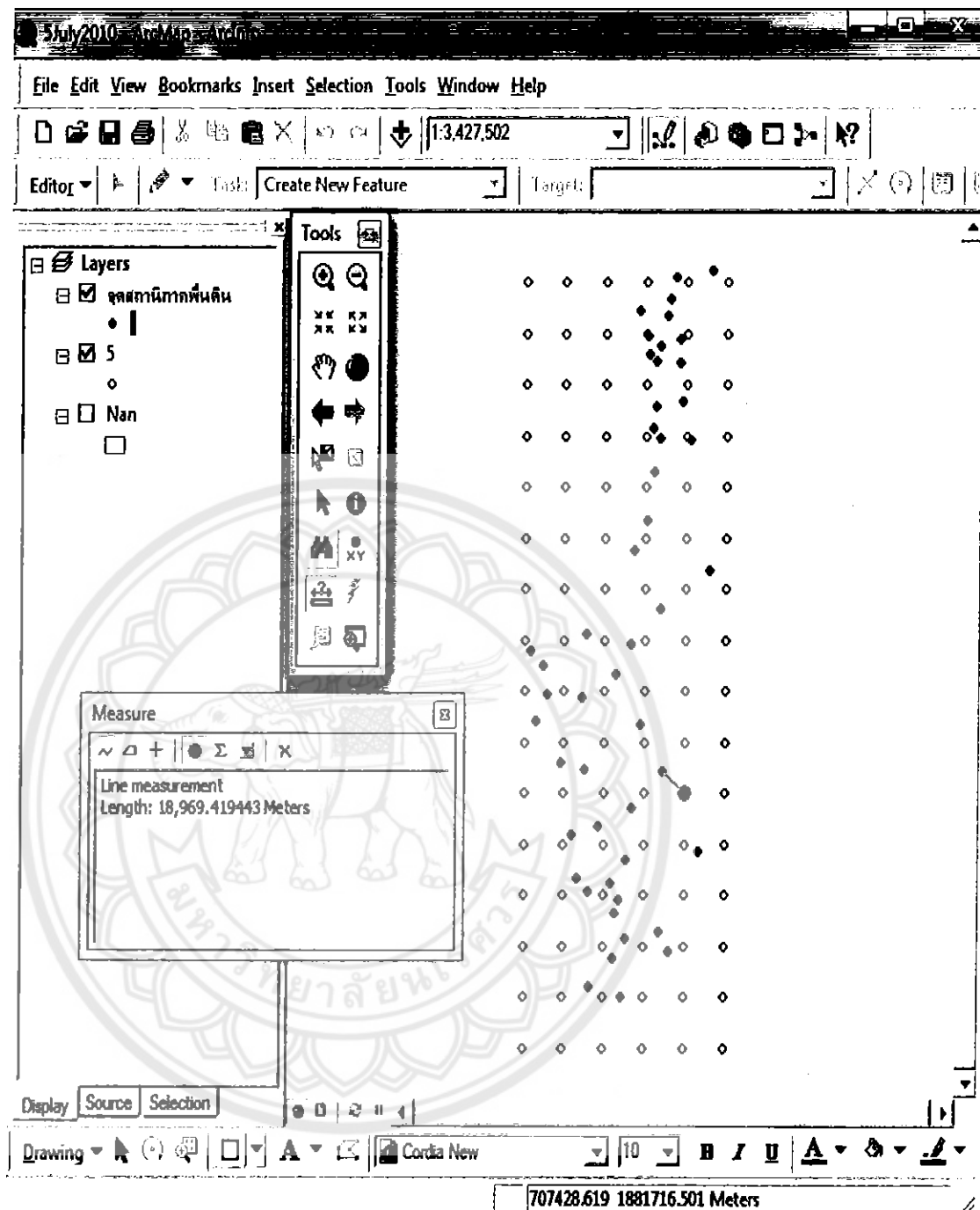
จากนั้น คลิกขวาที่ปุ่มนี้  > Delete Selected > ปิดหน้าต่างนี้ >  > Stop Editing ก็จะได้จุดปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำน่านพอดี ตามรูปที่ 3.24




รูปที่ 3.24 แสดงพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จุดสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM

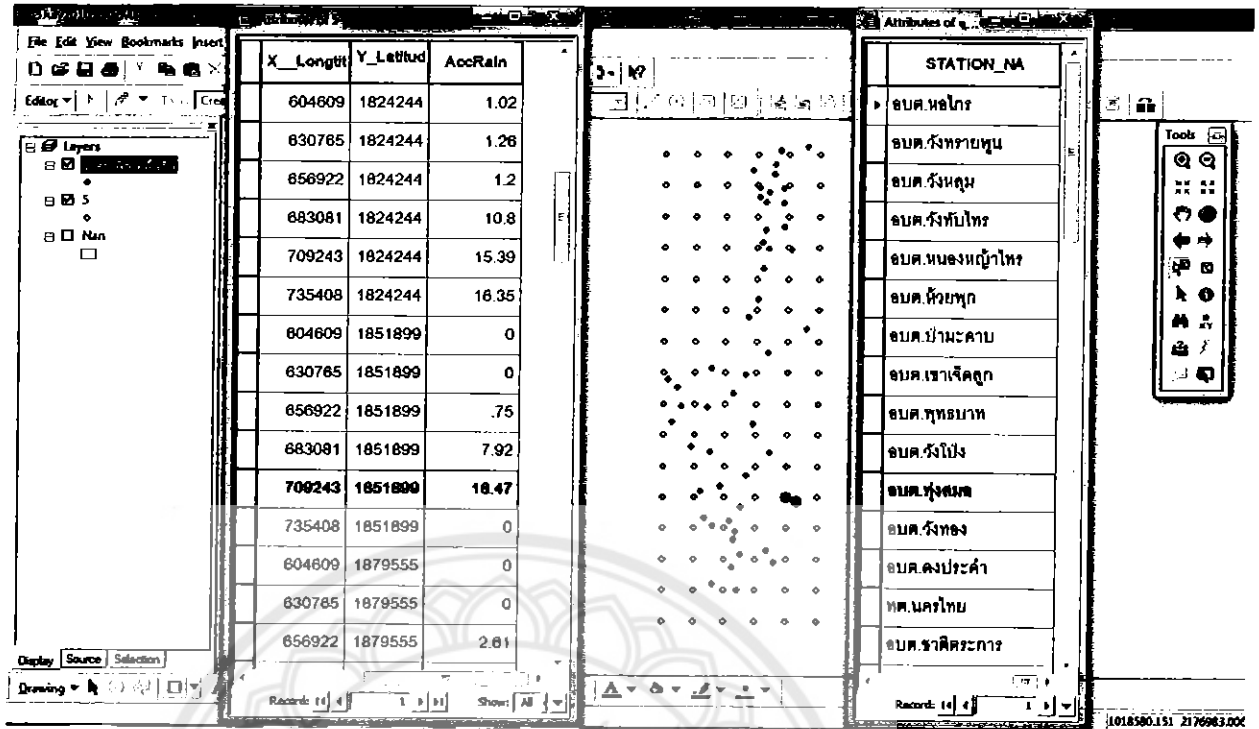
จากนั้นกด Save As > เลือกโฟลเดอร์ที่จะทำการเก็บบันทึก > ตั้งชื่อไฟล์ตรงคำว่า File name > เลือกชนิดไฟล์ข้อมูลเป็น ArcMap Document > กดคำว่า Save ก็จะได้จุดข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM กับพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ที่ Overlay กัน

3.3.2 ทำการเทียบค่าน้ำฝนจากข้อมูลน้ำฝนของดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินบริเวณลุ่มน้ำน่านของประเทศไทย โดย Add Data ของไฟล์ที่ทำการ Overlay กันเรียบร้อยแล้ว เราจะได้ค่าน้ำฝนที่จุดสถานีภาคพื้นดินโดยการใช้ค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ในจุดที่ใกล้เคียงที่สุดกับจุดสถานีภาคพื้นดิน ซึ่งจะใช้ Measure ทำการวัดระยะว่าจุดไหนใกล้เคียงมากกว่ากัน โดยเลือกไปที่ Tools > Measure >  > จากนั้นก็ไปคลิกตรงจุดสถานีภาคพื้นดินที่เราต้องการจะทราบค่า > แล้วจึงคลิกจุดข้อมูลของดาวเทียม TRMM ที่อยู่ล้อมรอบ



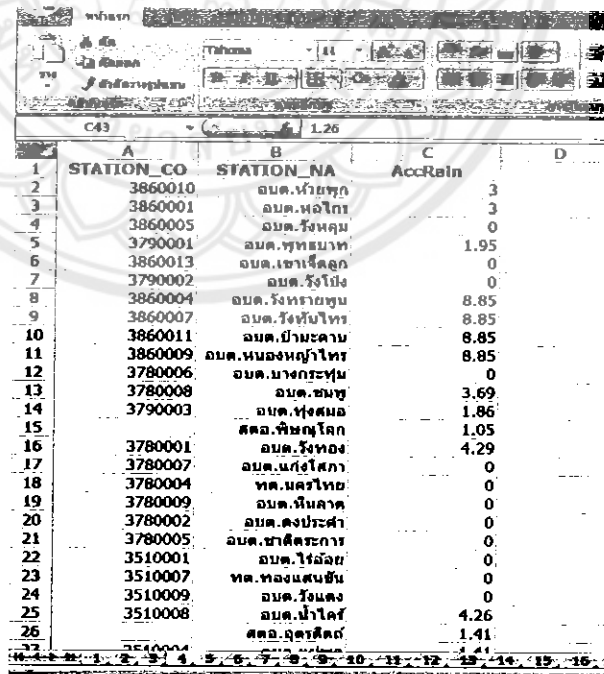
รูปที่ 3.25 แสดงการวัดระยะทางจุดไหนว่าจุดไหนใกล้เคียงมากกว่ากัน โดยใช้เครื่องมือ Measure

เมื่อได้จุดของข้อมูลดาวเทียม TRMM แล้ว จากนั้นทำการอ่านค่าโดยเลือก Select features () > คลิกขวาที่ไฟล์ข้อมูลด้านล่างคำว่า Layers > Open Attributes Table > ก็จะได้นำน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ณ จุดสถานีภาคพื้นดินที่เราต้องการ



รูปที่ 3.26 การอ่านค่าปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ณ จุดสถานีภาคพื้นดินต่าง ๆ

จากนั้นนำค่าที่อ่านได้ทั้งหมดไปใส่ไว้ในโปรแกรม Microsoft office Excel



รูปที่ 3.27 นำค่าปริมาณน้ำฝนที่อ่านได้จากดาวเทียม TRMM ณ จุดสถานีภาคพื้นดิน ไปใส่ไว้ใน Excel

3.4 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วยกัน 2 วิธี คือ

3.4.1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยตรง ซึ่งเริ่มจากนำค่าน้ำฝน ณ จุดสถานีภาคพื้นดินจากข้อมูลน้ำฝนของดาวเทียม TRMM ซึ่งได้มาจากการเทียบจุดที่ใกล้สถานีวัดน้ำฝนนั้นมากที่สุดกับค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น ซึ่งจะได้สมการเชิงเส้น และค่า R^2 ออกมา

3.4.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม (Cumulative Density Function) ซึ่งจะหาค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และค่าน้ำฝนจากสถานีภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ว่าเป็นอย่างไร ในแต่ละสถานีจากนั้นก็จะได้สมการแบบเชิงเส้น สมการแบบโพลีโนเมียล และค่า R^2 ออกมา มีขั้นตอนทำดังนี้

3.4.1 เรียงค่าน้ำฝนตั้งแต่ค่าน้อยที่สุดไปถึงค่ามากที่สุด

3.4.2 สร้างตารางใน Excel โดยช่องแรกคือ ช่องค่าน้ำฝน โดยนำค่าน้ำฝนจากการเรียงค่าน้ำฝนตั้งแต่ค่าน้อยที่สุดไปถึงค่ามากที่สุดมาใส่

3.4.3 ดูว่าค่าน้ำฝน ณ ค่านั้น มีความถี่เท่าไร แล้วจึงใส่เข้าไปในช่องที่ 2 คือ ช่อง Frequency

3.4.4 หาค่าความถี่สะสมใส่ในช่องที่ 3

3.4.5 หา % CDF (% ของ Cumulative Density Function) ในช่องที่ 4

$$\% \text{ CDF} = \frac{\text{ค่าความถี่สะสม ณ ค่าช่องนั้น}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

ทำตามทีกล่าวมาทั้งค่าน้ำฝนที่ได้จากดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งสถานีภาคพื้นดิน และค่าน้ำฝนจากสถานีภาคพื้นดินโดยตรง

จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้มา plot กราฟ จะได้กราฟออกมา 3 กราฟ ดังนี้

1. กราฟของปริมาณฝนในหน่วย มม. (แกน y) กับ % CDF (แกน x) ของฝนจากดาวเทียม TRMM

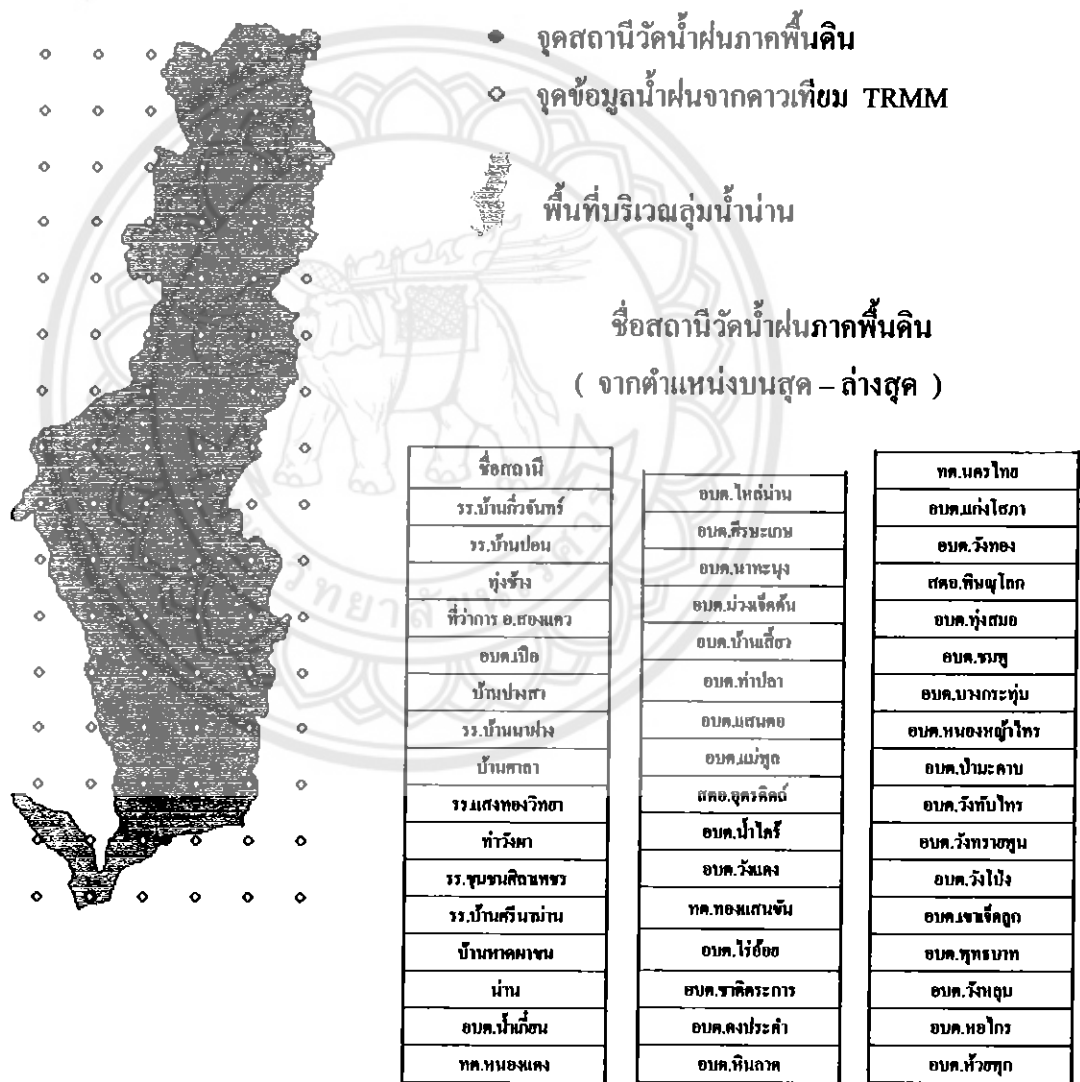
2. กราฟของปริมาณฝนในหน่วย มม. (แกน y) กับ % CDF (แกน x) ของฝนจากภาคพื้นดิน

3. กราฟระหว่างฝนจากภาคพื้นดินในหน่วย มม. (แกน y) กับ ฝนจากดาวเทียม TRMM ในหน่วย มม. (แกน x) โดยค่าฝนทั้ง 2 ชนิดที่นำมา plot อ่านได้จากกราฟที่ 1 และ กราฟที่ 2 ณ % CDF เดียวกัน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าน้ำฝนจากข้อมูลของดาวเทียม TRMM ที่ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน มีทั้งหมด 49 สถานี ของลุ่มน้ำน่าน ประเทศไทย ผลการวิเคราะห์นี้ ได้มาจากการอ่านค่าฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ซึ่งใช้หาค่าน้ำฝนที่มีจุดข้อมูลใกล้สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินมากที่สุด (ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อนี้แสดงอยู่ในภาคผนวก ง.)

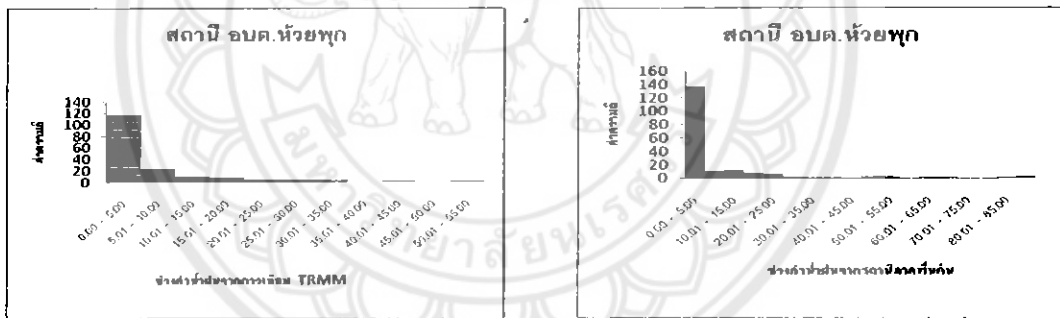


รูปที่ 4.1 แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

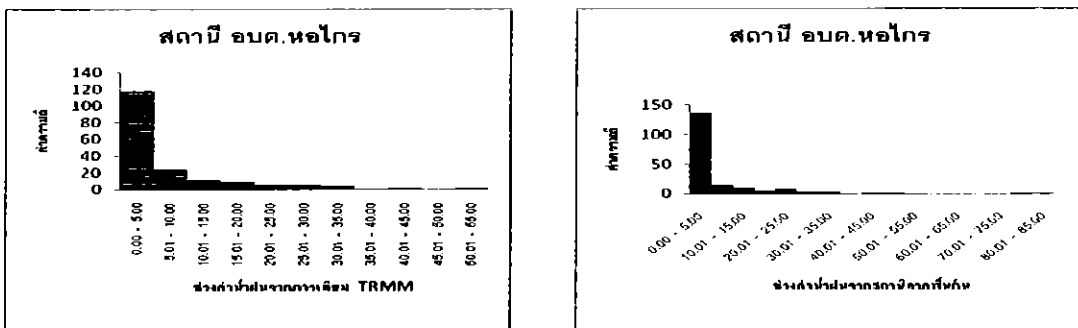
4.2 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน

จากข้อมูลน้ำฝนที่ได้เก็บรวบรวมมาจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้น พบว่ามี 15 สถานี คือ สถานี สดอ.พิษณุโลก , สดอ.อุตรดิตถ์ , น่าน , บ้านหาดผาขน , รร.บ้านศรีนวมาน , รร.ชุมชนศิลาเพชร , ท่าวังผา , รร.แสงทองวิทยา , บ้านศาลา , รร.บ้านนาฝาง , บ้านปางสา , ที่ว่าการ อ. สองแคว , หุ่นช้าง , รร.บ้านปอน และ รร.บ้านกิ้วจันทร์ มีค่าฝนเป็นศูนย์ทั้งหมด ซึ่งในความเป็นจริงแล้วนั้น มันเป็นไปได้ เนื่องจากในช่วงเวลาที่ทำการศึกษานั้น คือ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - ตุลาคม พุทธศักราช 2553 เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน ซึ่งเป็นเวลาที่อยู่ในช่วงของฤดูฝน จึงเป็นไปได้ที่จะไม่มีฝนตกเลย ตลอดระยะเวลา 6 เดือนที่ทำการเก็บข้อมูล ดังนั้นข้อมูลที่ได้นั้น อาจเกิดความผิดพลาด จึงทำการศึกษาเพียง 34 สถานีที่เหลือ จากทั้งหมด 49 สถานีในบริเวณลุ่มน้ำน่าน ของประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่ตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดิน และค่าน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีภาคพื้นดินจริง สามารถนำมาสร้างแผนภูมิแท่งได้ เพื่อที่จะดูค่าน้ำฝนในช่วงต่าง ๆ ของแต่ละสถานีว่ามีความถี่ในแต่ละช่วง ว่าเป็นอย่างไร (รูปที่ 4.2)

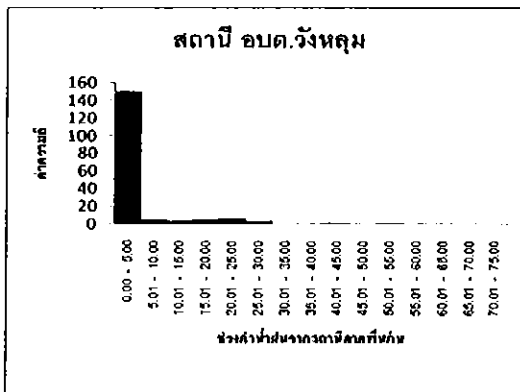
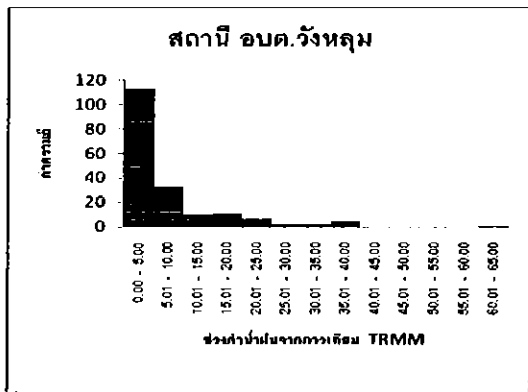


1.) สถานี อบต.ห้วยพุก

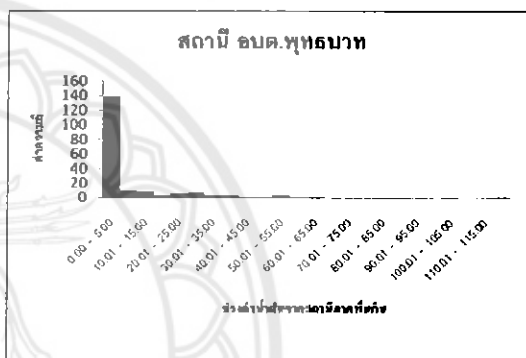
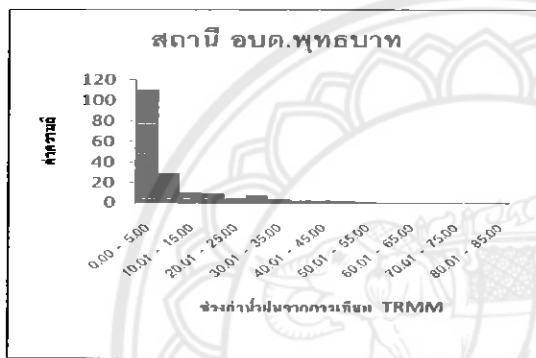


2.) สถานี อบต.หอไกร

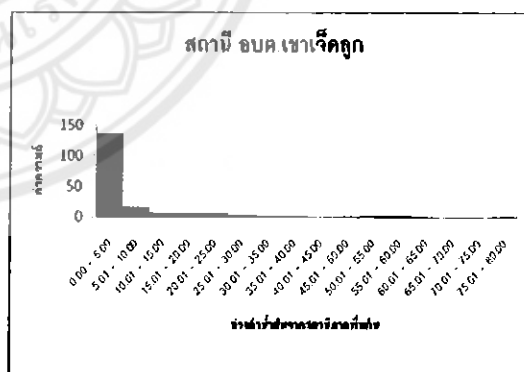
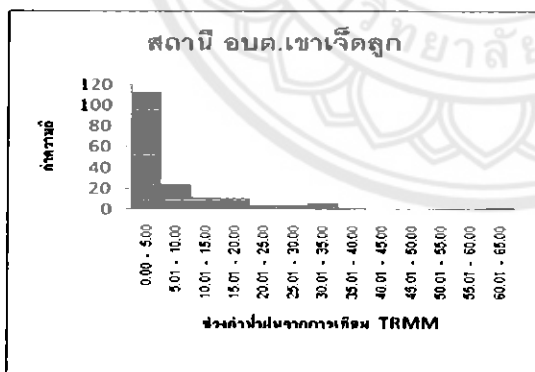
รูปที่ 4.2 ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



3.) สถานี อบต.วังหลุม

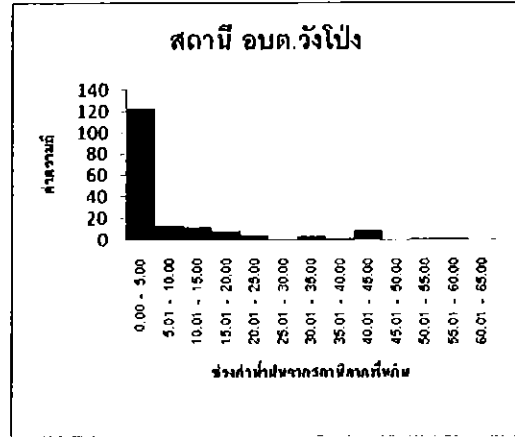
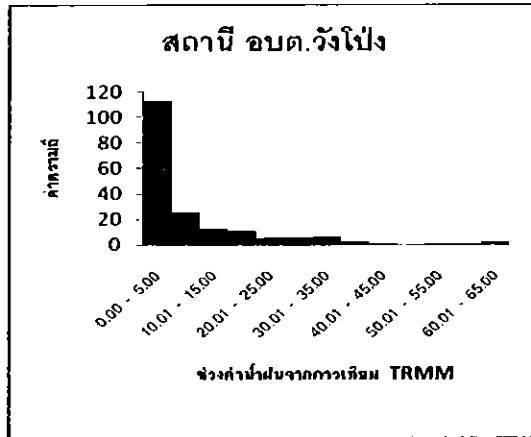


4.) สถานี อบต.พุทธบาท

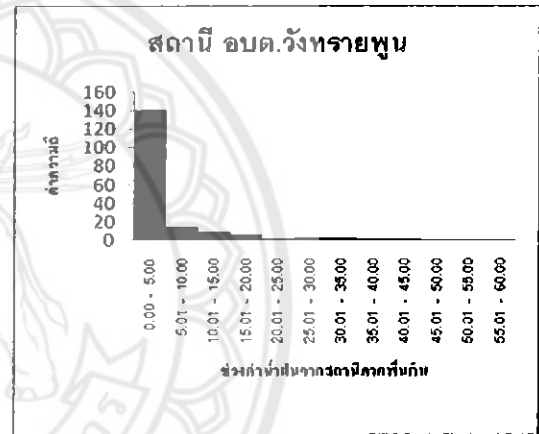
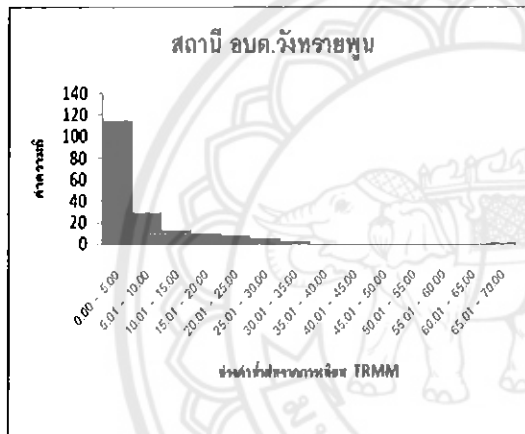


5.) สถานี อบต.เขาเจ็ดยักษ์

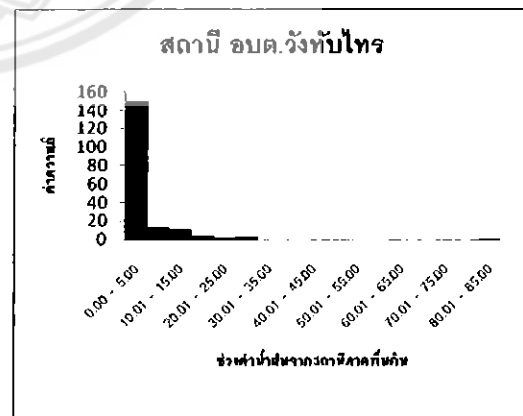
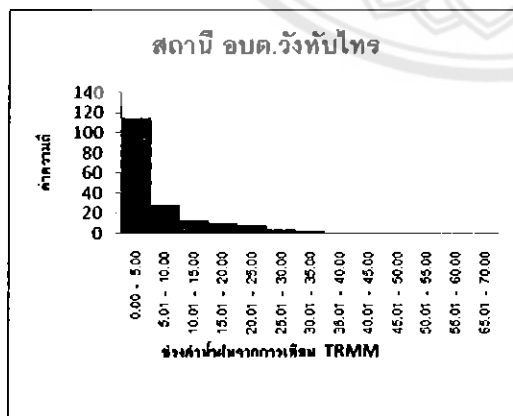
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



6.) สถานี อบต.วังโป่ง

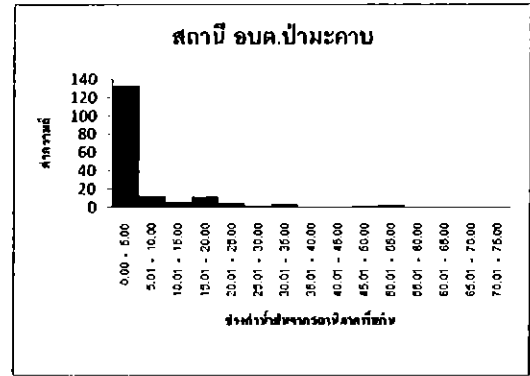
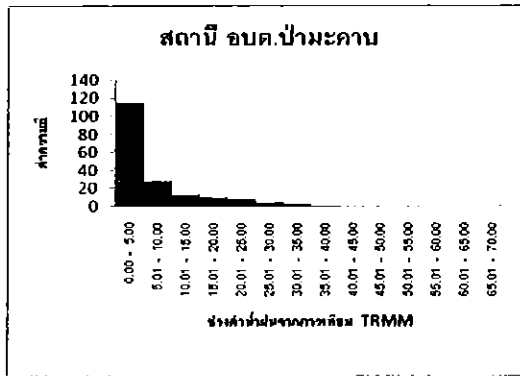


7.) สถานี อบต.วังทรายพูน

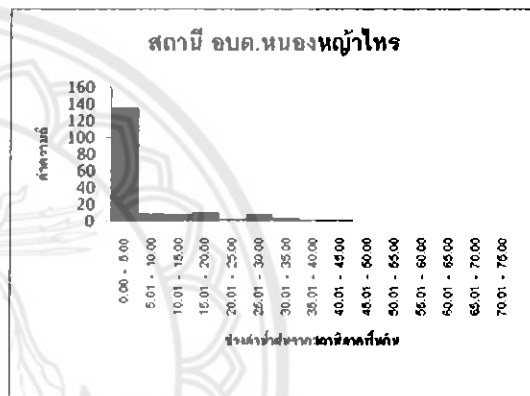
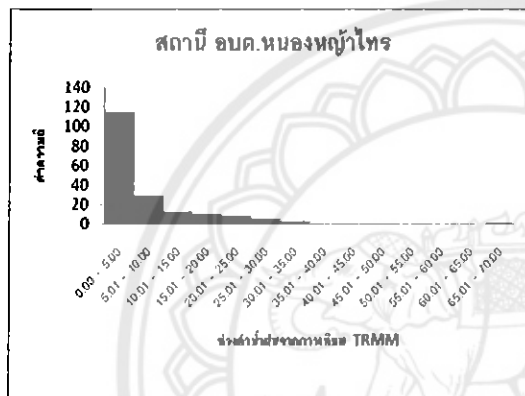


8.) สถานี อบต.วังทับไทร

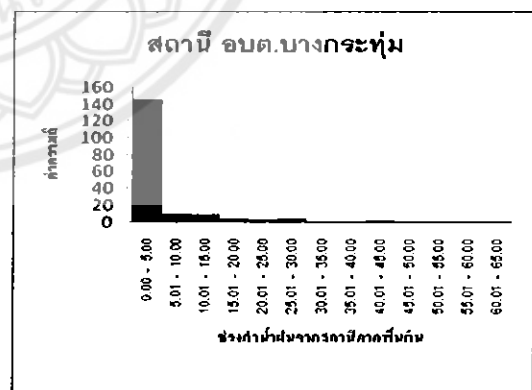
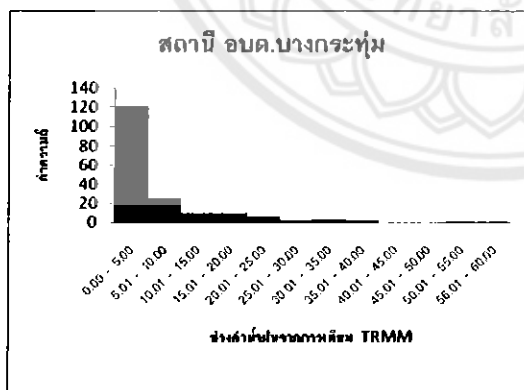
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



9.) สถานี อบต.ป่ามะคาบ

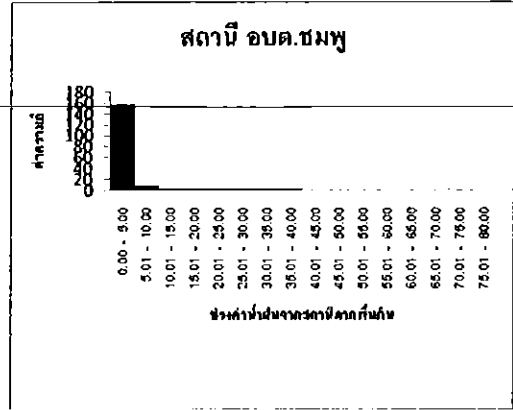
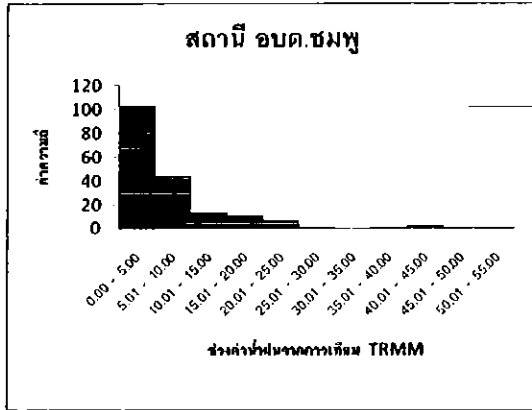


10.) สถานี อบต.หนองหญ้าไทร

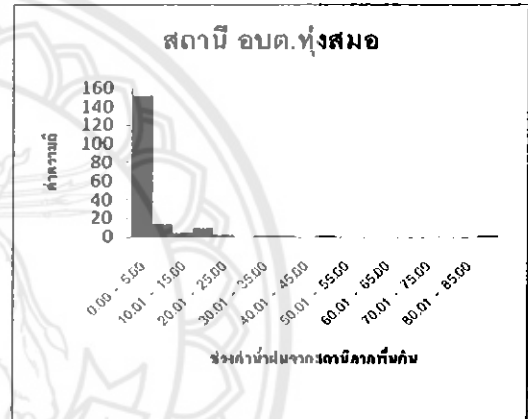
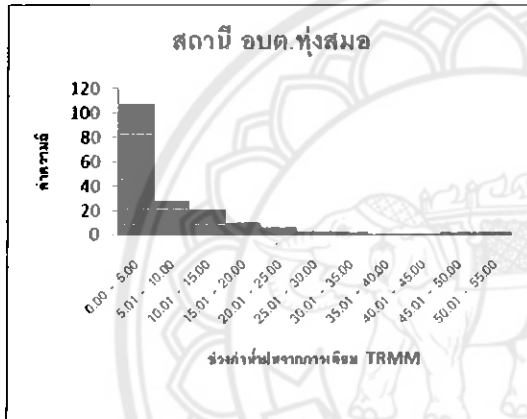


11.) สถานี อบต.บางกระทุ่ม

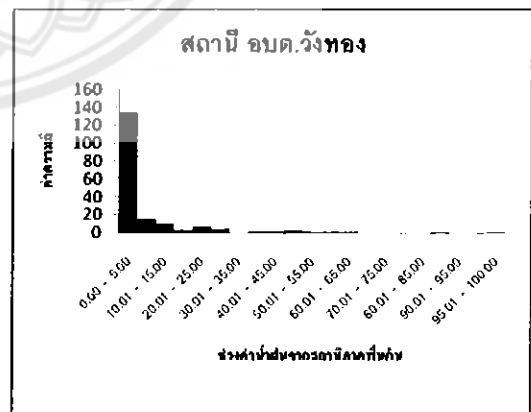
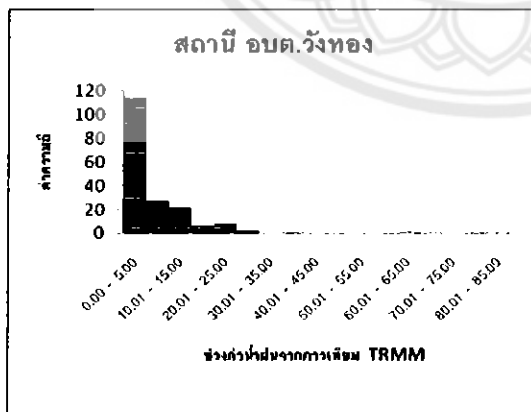
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



12.) สถานี อบต.ชมพู

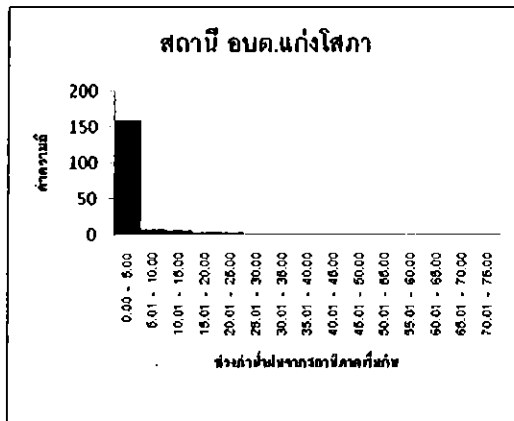
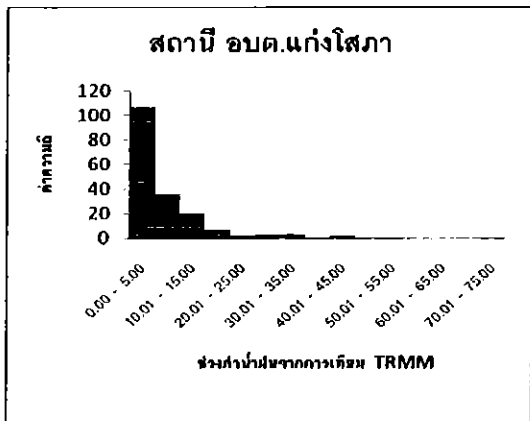


13.) สถานี อบต.ทุ่งสมอ

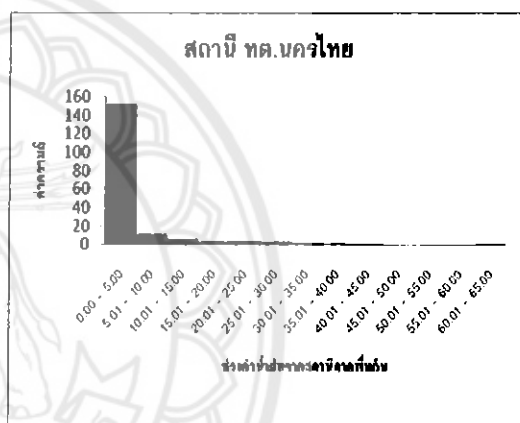
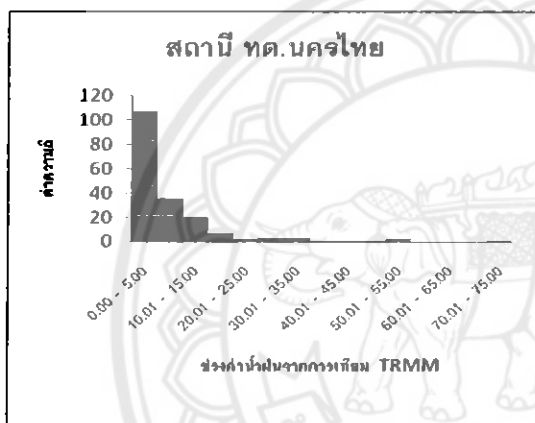


14.) สถานี อบต.วังทอง

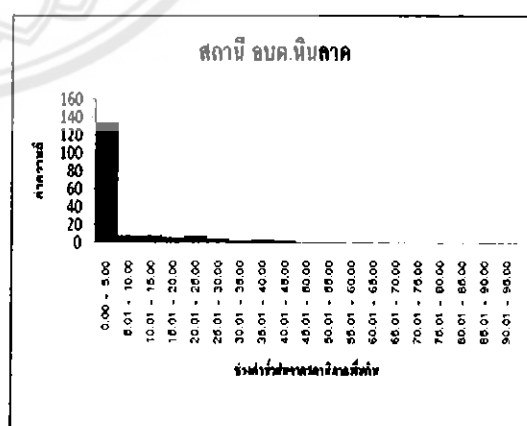
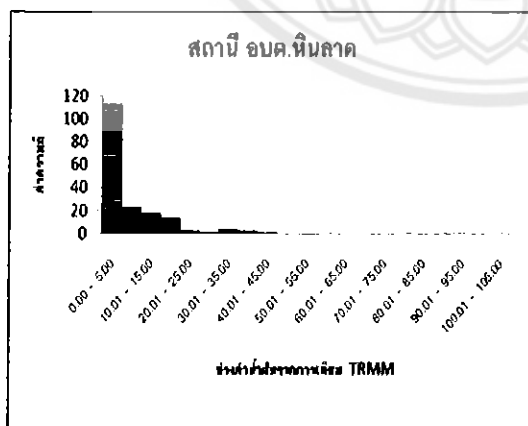
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



15.) สถานี อบต.แก่งโสภา

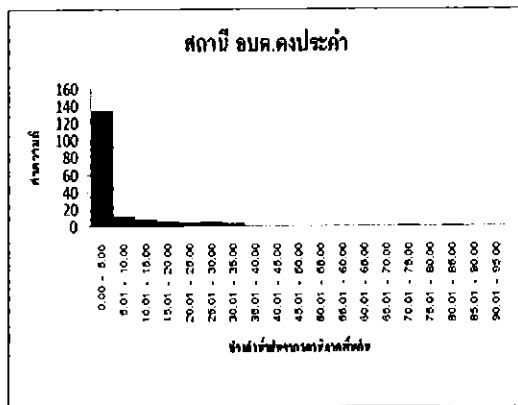
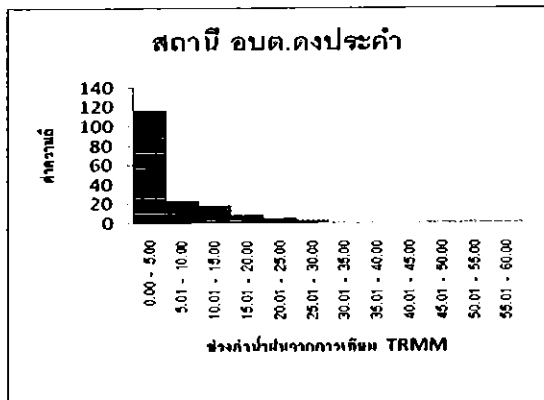


16.) สถานี ทต.นครไทย

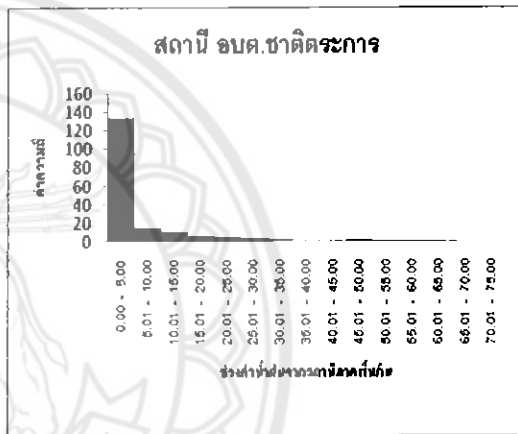
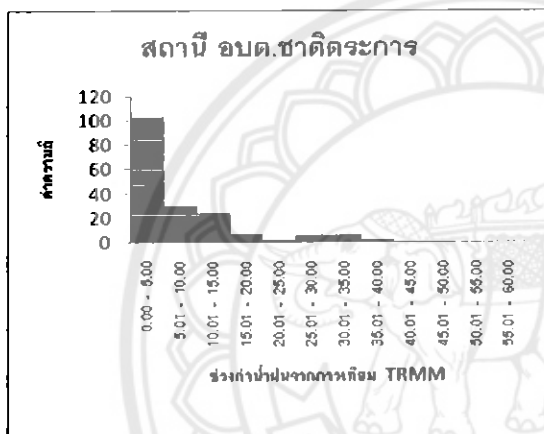


17.) สถานี อบต.หินลาด

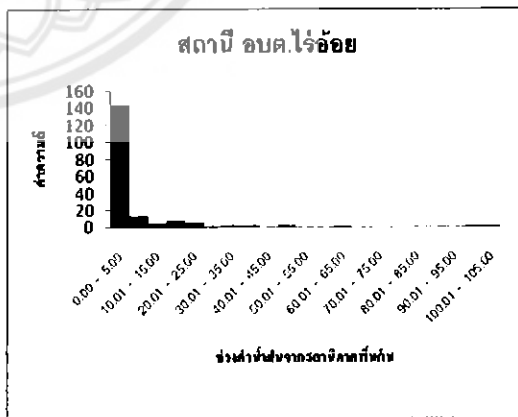
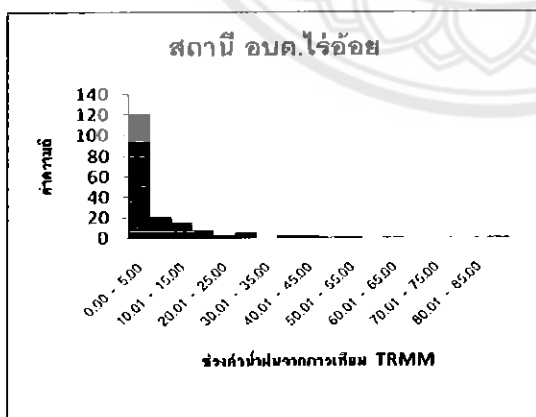
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



18.) สถานี อบต.ดงประจำ

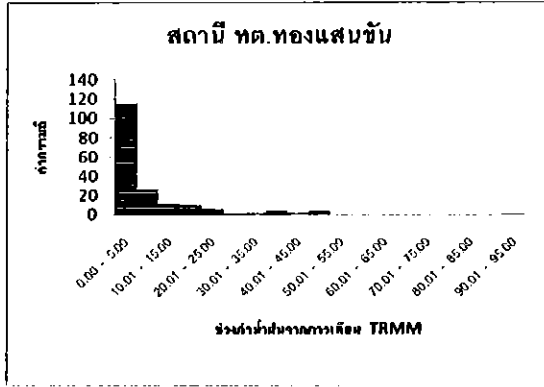


19.) สถานี อบต.ชาติตระการ

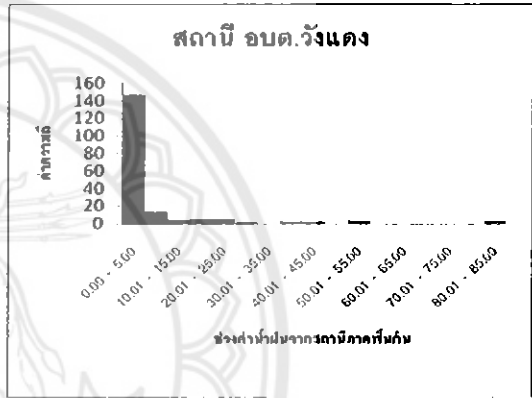
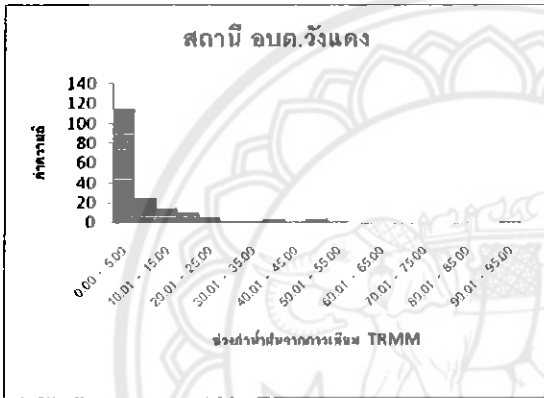


20.) สถานี อบต.ไร่อ้อย

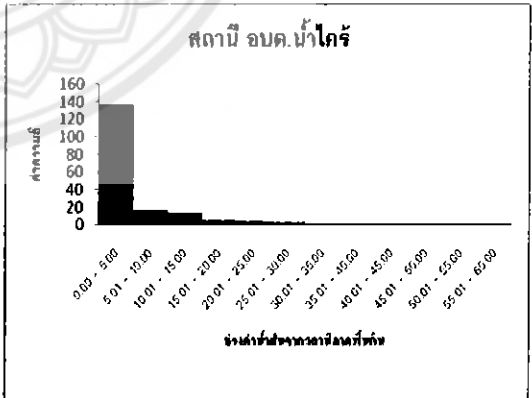
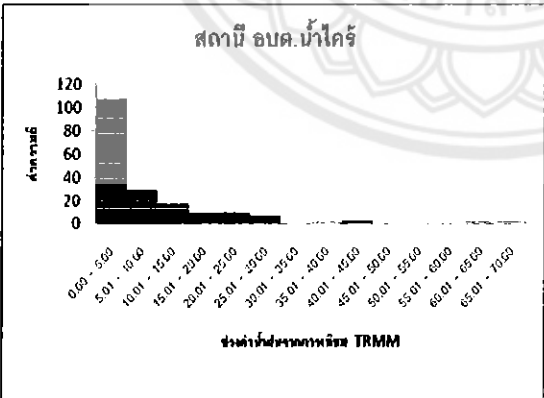
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



21.) สถานี ทต.ทองแสนขัน

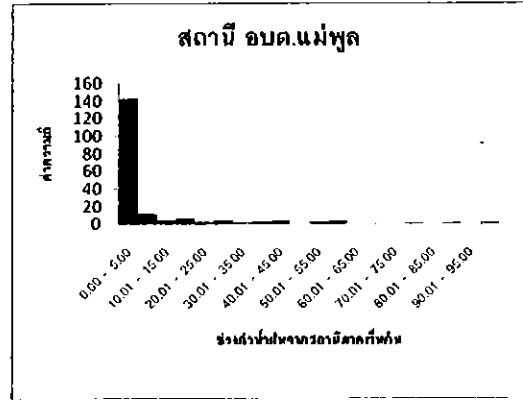
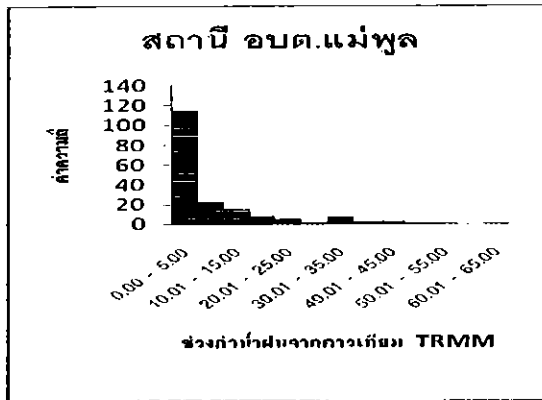


22.) สถานี อบต.วังแดง

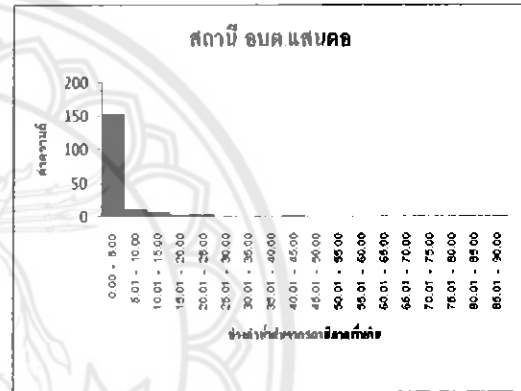
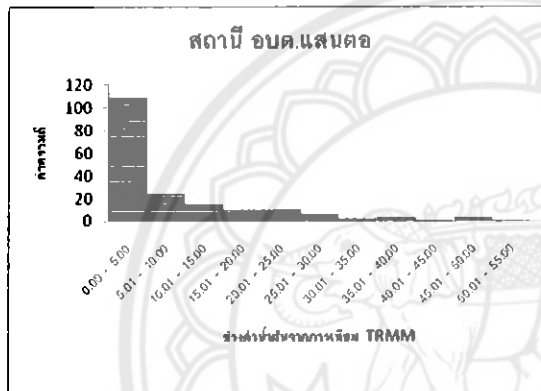


23.) สถานี อบต.น้ำไคร้

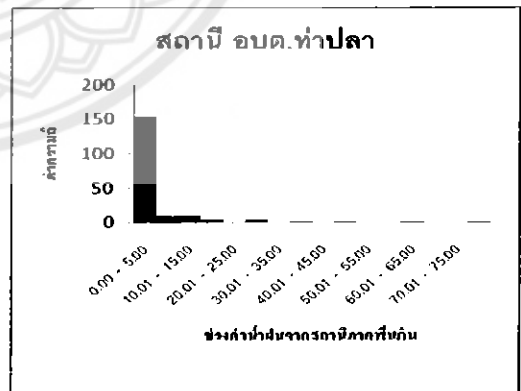
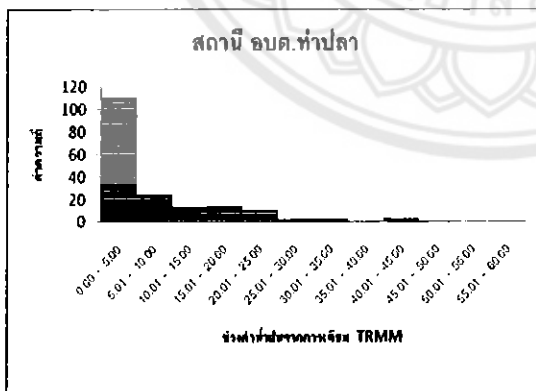
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากราดาร์ TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



24.) สถานี อบต.แม่พูล

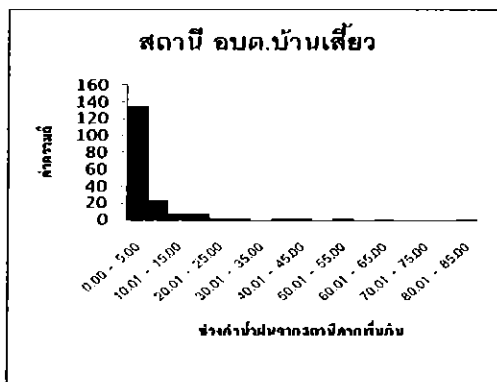
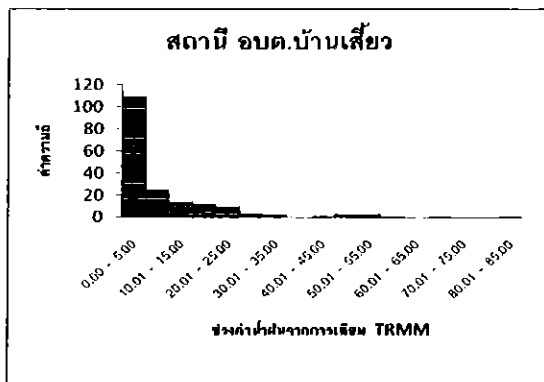


25.) สถานี อบต.แสนตอ

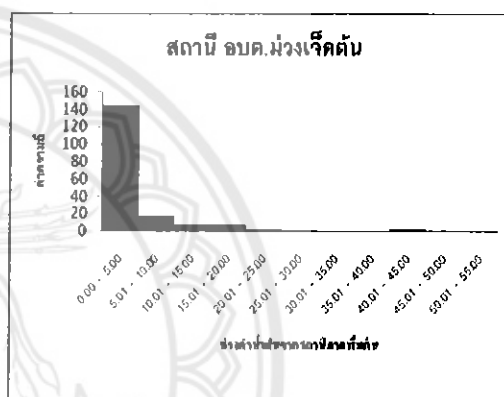
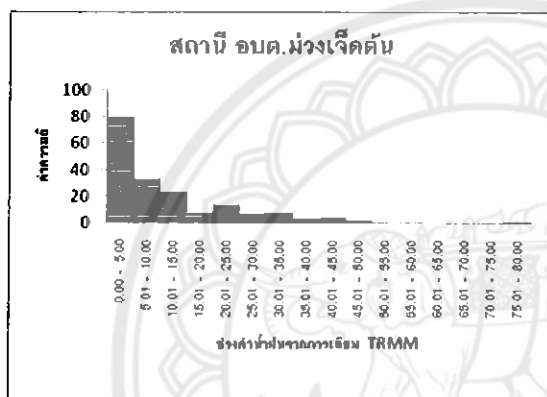


26.) สถานี อบต.ท่าปลา

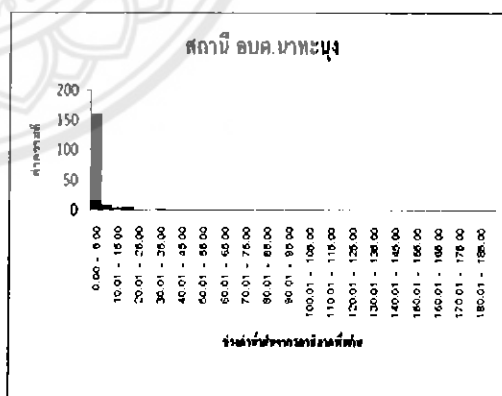
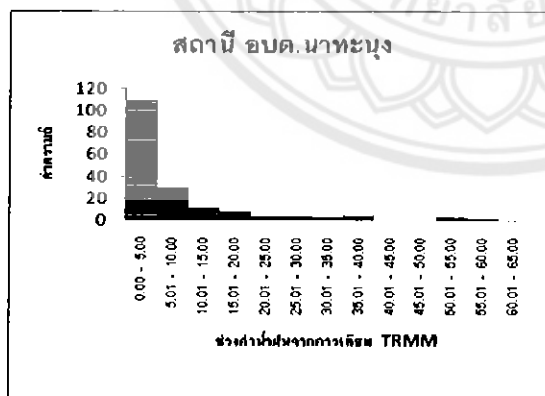
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



27.) สถานี อบต.บ้านเสี้ยว

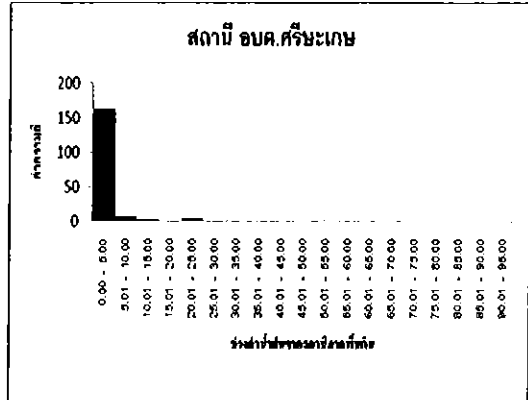
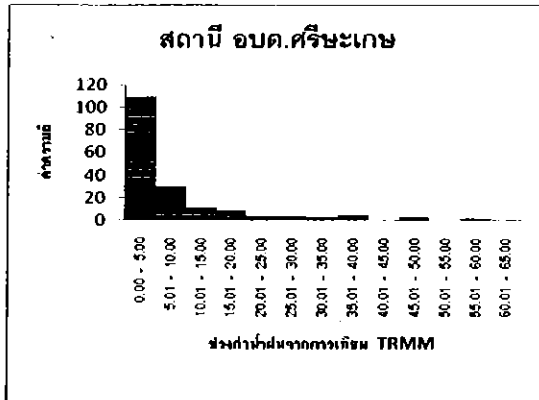


28.) สถานี อบต.ม่วงเจ็ดต้น

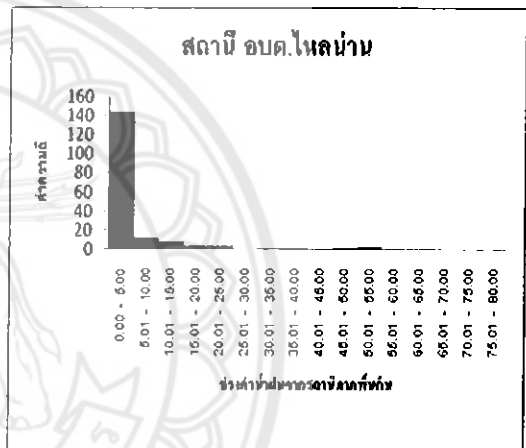
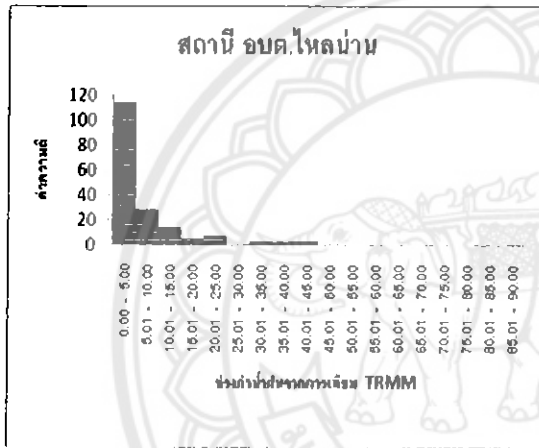


29.) สถานี อบต.นาทะนุง

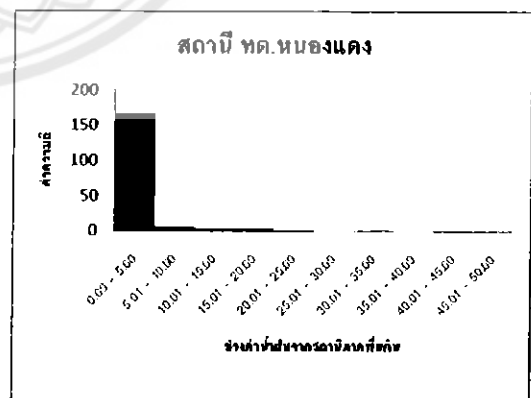
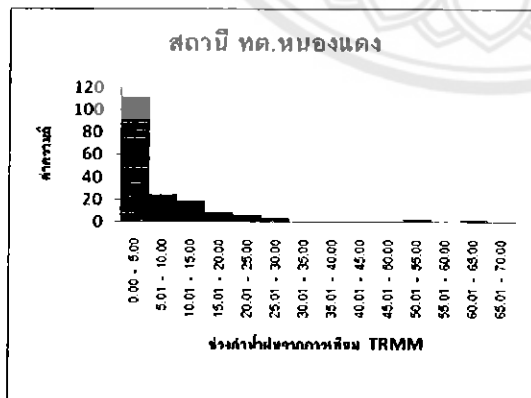
รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



30.) สถานี อบต.ศรีชะเกษ

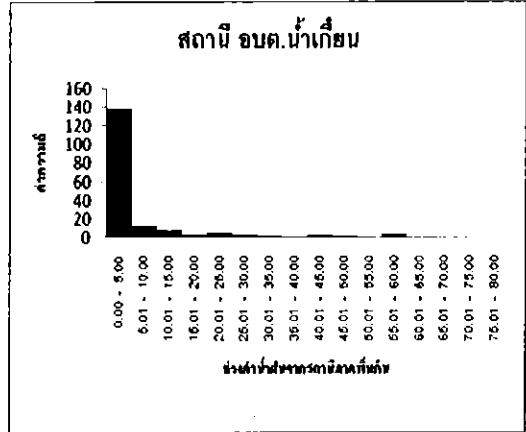
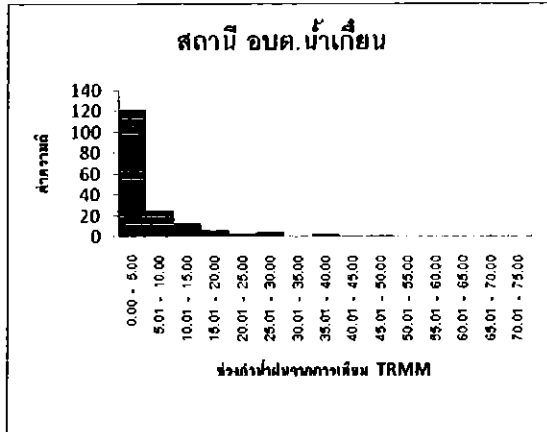


31.) สถานี อบต.ไหล่น่าน

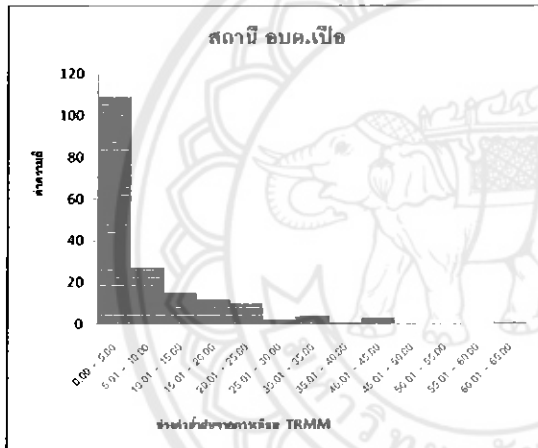


32.) สถานี ทต.หนองแดง

รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน



33.) สบต.น้ำเกี๋ยน



34.) สบต.เปือ

รูปที่ 4.2 (ต่อ) ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝน ข้อมูลจากดาวเทียม TRMM และ ข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน

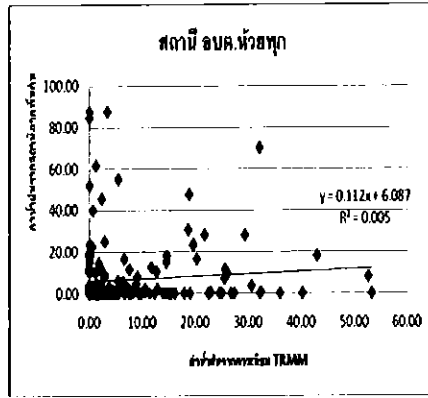
จากแผนภูมิแท่ง (รูปที่ 4.2) จะทำให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของฝน ซึ่งฝนจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 5.00 มิลลิเมตรเป็นส่วนใหญ่

จากแผนภูมิที่ได้อาจนำมาสร้างตาราง โดยหาเปอร์เซ็นต์ (%) ของความถี่ของฝนในแต่ละช่วง ซึ่งจะได้อาไรางความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM (ภาคผนวก ก.) และตารางความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (ภาคผนวก ข.)

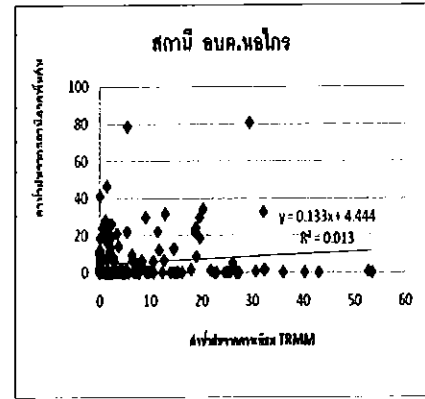
เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์ของความถี่ที่ได้จาก ตารางในภาคผนวก ก. และจาก ตารางในภาคผนวก ข. มาเปรียบเทียบกัน จากนั้นหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงฝนของแต่ละสถานีออกมาเป็นตารางเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM และจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (ภาคผนวก ค.) จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของฝนมีค่ามากที่สุดในช่วง 0.00 – 5.00 ทั้งจากข้อมูลของดาวเทียม TRMM ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60.74 % และสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 78.13 % จากค่าเปอร์เซ็นต์ของความถี่ฝนในช่วง 0.00 – 5.00 ของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้น มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ของดาวเทียม TRMM เป็นเพราะตำแหน่งของที่ตั้งเครื่องมือที่มีความสูงต่างกัน ซึ่งวงโคจรของดาวเทียม TRMM นั้นจะมีความสูงจากผิวโลก 367 x 385 กิโลเมตร แต่เครื่องมือวัดน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้นสูงมีความสูงจากผิวดินเพียงไม่กี่เมตรเท่านั้น ถ้ามีฝนตก แต่ตกในชั้นของบรรยากาศ ซึ่งฝนตกไม่ถึงพื้นดิน ดาวเทียม TRMM ก็สามารถวัดปริมาณฝนได้ แต่สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินก็จะไม่สามารถวัดค่าได้ จึงมีค่าเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นค่าความถี่ของฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์เป็นส่วนใหญ่ และมีการกระจายตัวเล็กน้อยในช่วงค่าฝนอื่น ๆ ส่วนข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM นั้นจะมีค่ากระจายตัวไปในช่วงต่าง ๆ

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

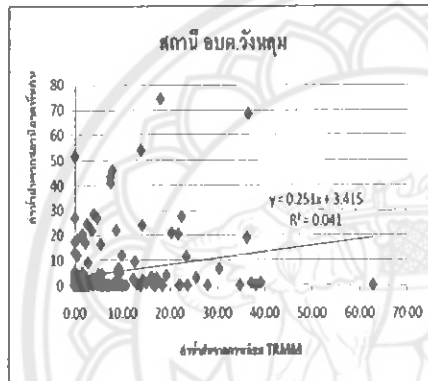
4.3.1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยตรง ซึ่งจะใช้ค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ในตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินอยู่ใกล้มากที่สุด โดยทำการเทียบเคียงค่าน้ำฝน จากการใช้โปรแกรม ArcGIS เมื่อได้ค่าน้ำฝน ณ ตำแหน่งนั้นออกมาแล้ว ก็จะนำค่าน้ำฝนที่ได้จากดาวเทียม TRMM และจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินมาหาความสัมพันธ์กัน (รูปที่ 4.3)



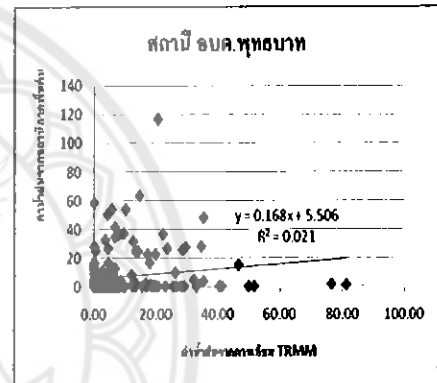
1.) สถานี อบต.ห้วยพุก



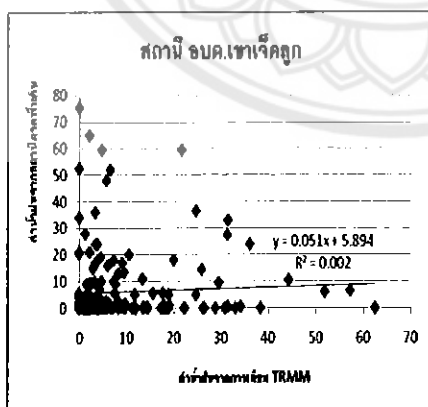
2.) สถานี อบต.หอไกร



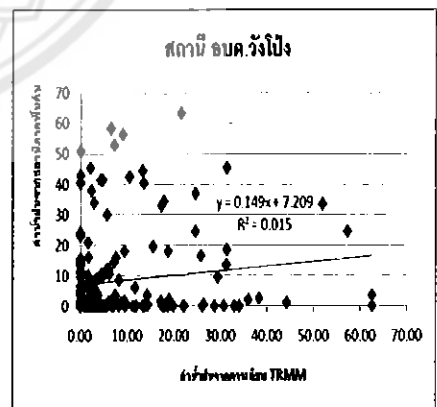
3.) สถานี อบต.วังหลุม



4.) สถานี อบต.พุทธบาท

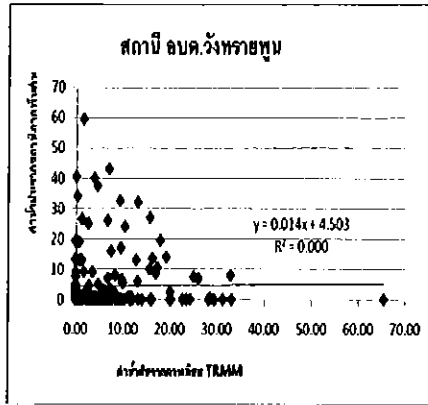


5.) สถานี อบต.เขาเจ็ดยอด

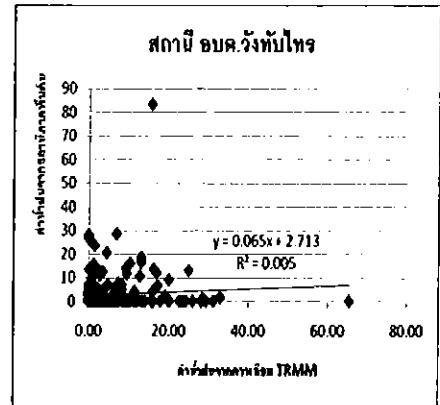


6.) สถานี อบต.วังโป่ง

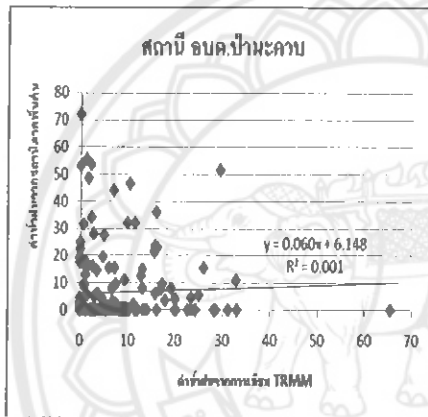
รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



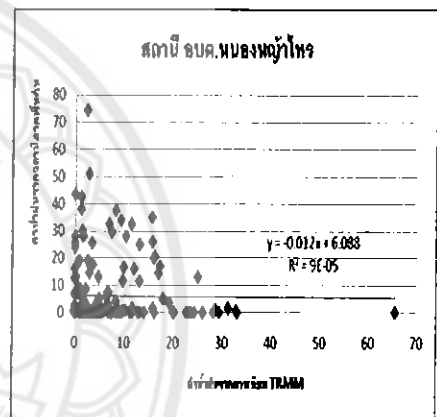
7.) สถานี อบต.วังทรายพูน



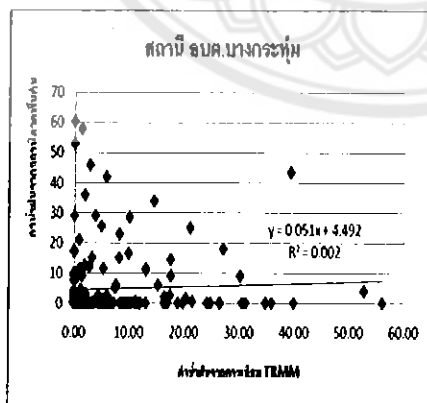
8.) สถานี อบต.วังทับไทร



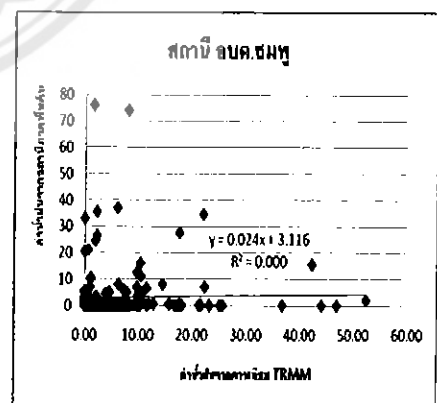
9.) สถานี อบต.ป่ามะคาบ



10.) สถานี อบต.หนองหญ้าไทร

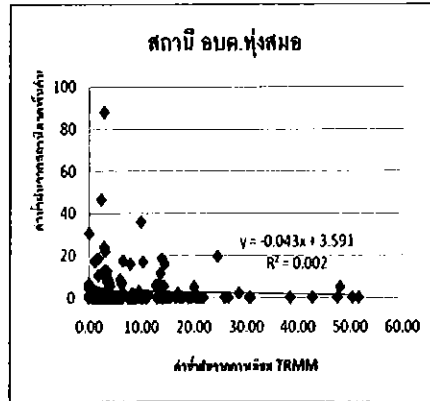


11.) สถานี อบต.บางกระทู้

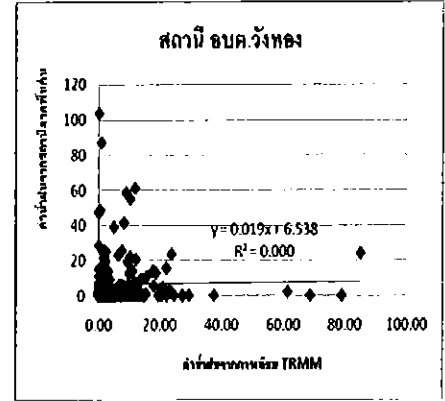


12.) สถานี อบต.ชมพู

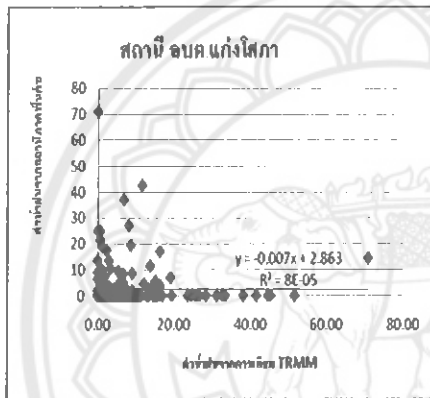
รูปที่ 4.3 (ต่อ) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



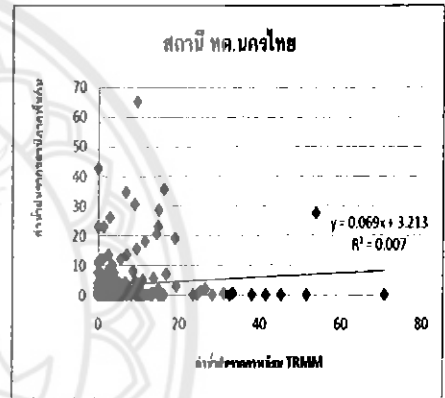
13.) สถานี อบต.ทุ่งสมอ



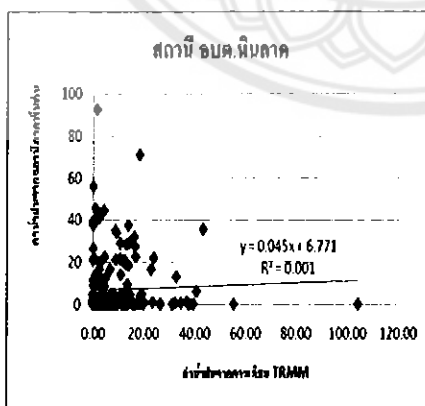
14.) สถานี อบต.วังทอง



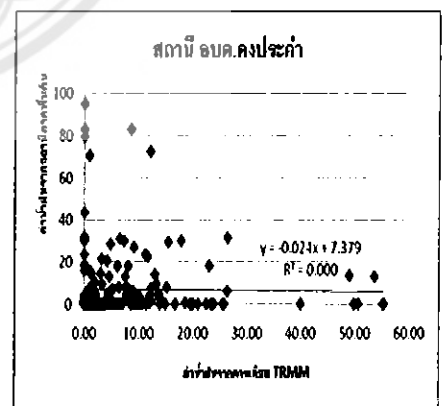
15.) สถานี อบต.แก่งโสภา



16.) สถานี ทต.นครไทย

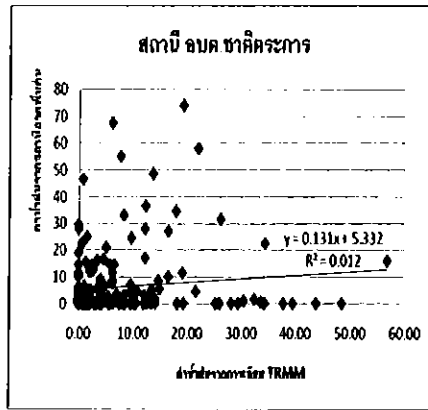


17.) สถานี อบต.หีนลาด

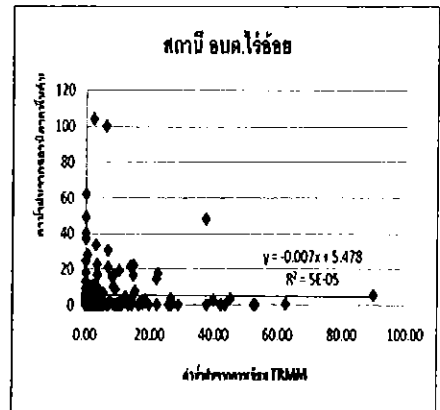


18.) สถานี อบต.คงประคำ

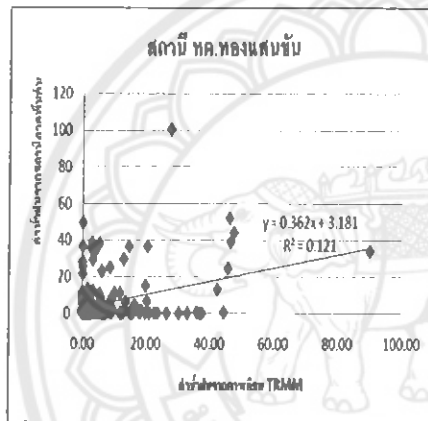
รูปที่ 4.3 (ต่อ) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



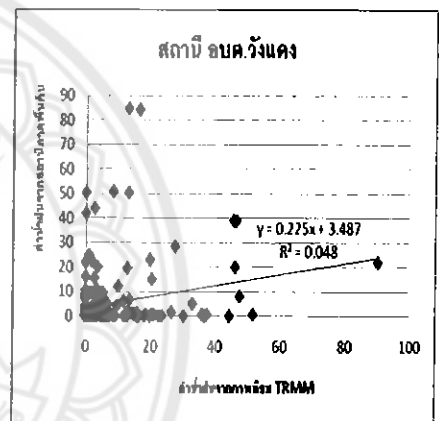
19.) สถานี อบต.ชาติตระการ



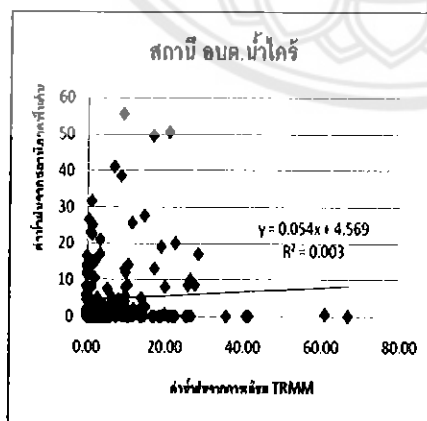
20.) สถานี อบต.ไร่ฮ้อย



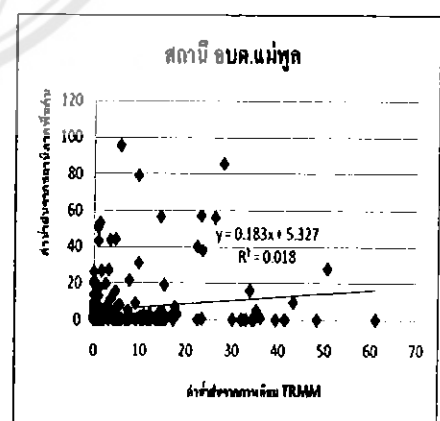
21.) สถานี ทต.ทองแสนขัน



22.) สถานี อบต.วังแดง

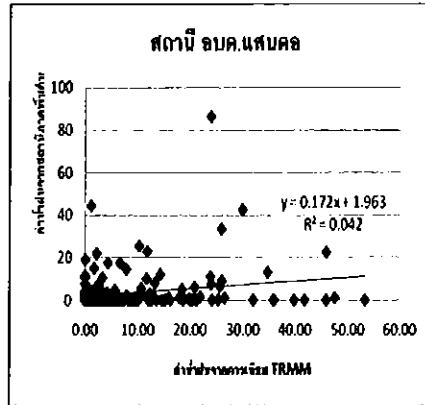


23.) สถานี อบต.น้ำไคร้

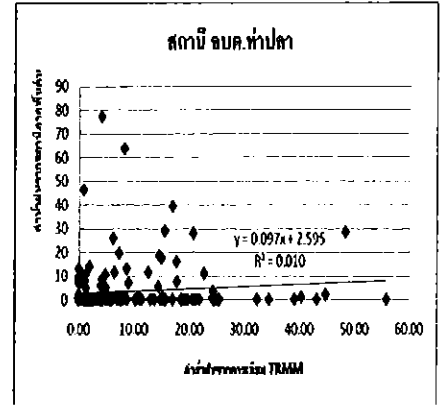


24.) สถานี อบต.แม่พูล

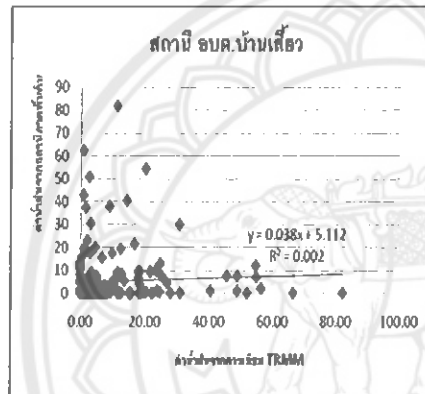
รูปที่ 4.3 (ต่อ) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



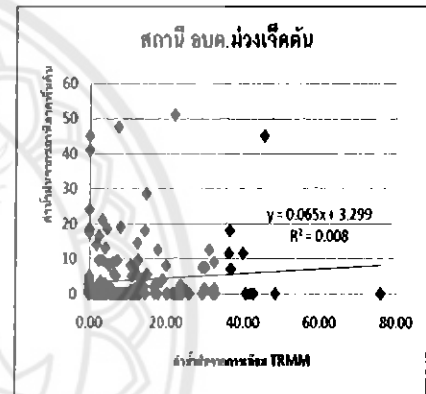
25.) สถานี อบต.แสนตอ



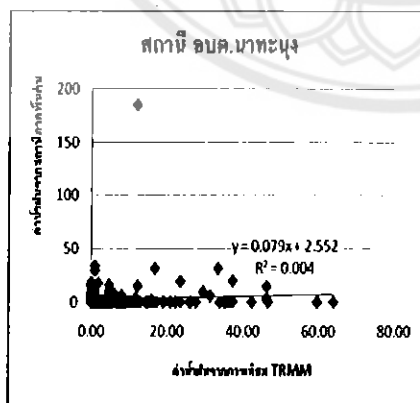
26.) สถานี อบต.ท่าปลา



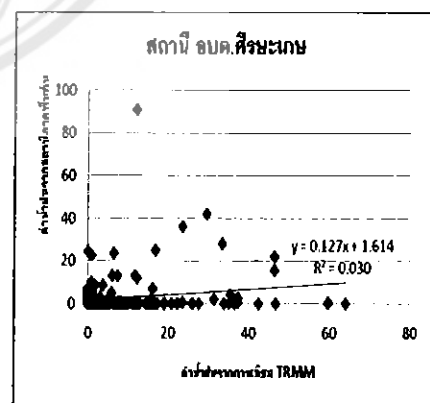
27.) สถานี อบต.บ้านเสี้ยว



28.) สถานี อบต.ม่วงเจ็ดต้น

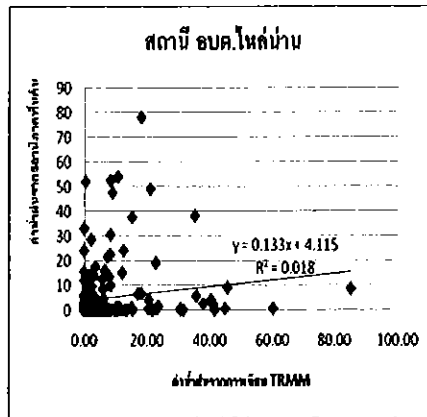


29.) สถานี อบต.นาทะนุง

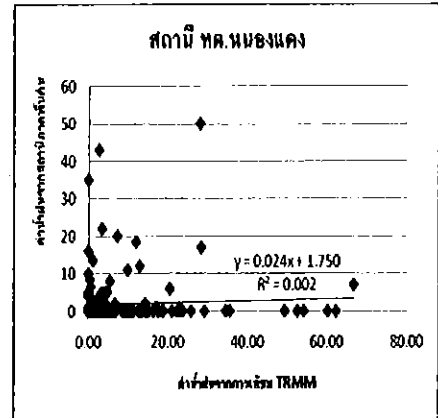


30.) สถานี อบต.ศรีระเกษ

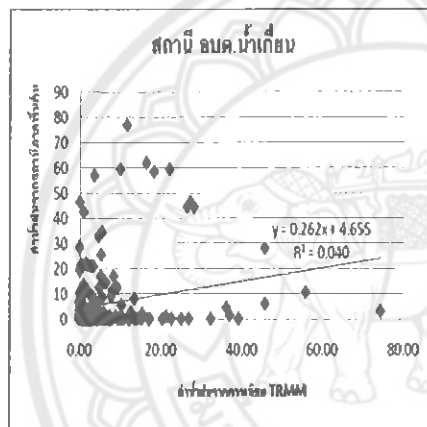
รูปที่ 4.3 (ต่อ) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



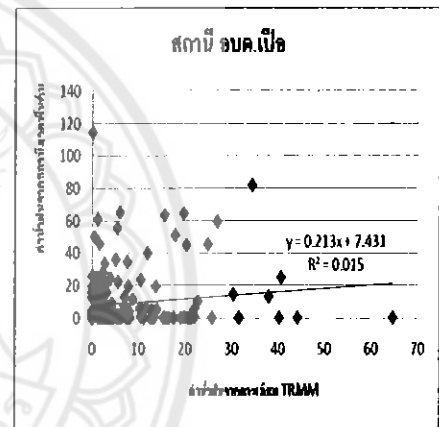
31.) สถานี อบต.ไหล่น่าน



32.) สถานี ทต.หนองแดง



33.) สถานี อบต.น้ำเกีฮ่น



34.) สถานี อบต.เปือ

รูปที่ 4.3 (ต่อ) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากรูปที่ 4.3 ทำให้ทราบว่าค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM กับค่า น้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้น มีความสัมพันธ์กันต่ำมาก หรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์ กันเลย จากการหาเส้นแนวโน้มแบบเชิงเส้นของข้อมูล ทำให้ได้ค่า R^2 ออกมา ซึ่งส่วนมากมีค่า น้อยกว่า 0.09 หรือบางค่าก็เกือบเป็นศูนย์ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของฝนจากดาวเทียม TRMM และ ฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

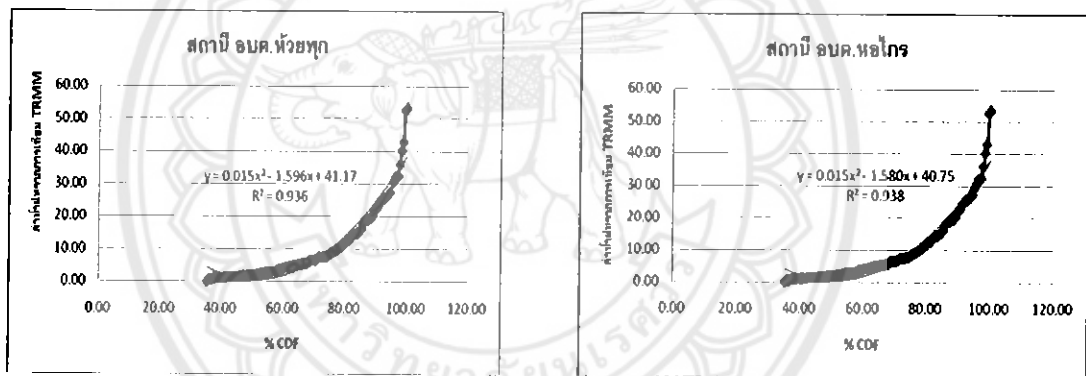
Station	ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	
	แบบเชิงเส้น	
อบต.หัวตุก	$y = 0.112x + 6.087$	$R^2 = 0.005$
อบต.หอไกร	$y = 0.133x + 4.444$	$R^2 = 0.013$
อบต.วังหลุม	$y = 0.251x + 3.415$	$R^2 = 0.041$
อบต.พุทธบาท	$y = 0.168x + 5.506$	$R^2 = 0.021$
อบต.เขาเจ็ดยอด	$y = 0.051x + 5.894$	$R^2 = 0.002$
อบต.วังโป่ง	$y = 0.149x + 7.209$	$R^2 = 0.015$
อบต.วังทรายพูน	$y = 0.014x + 4.503$	$R^2 = 0.000$
อบต.วังทับไทร	$y = 0.065x + 2.713$	$R^2 = 0.005$
อบต.เป่ามะคาบ	$y = 0.060x + 6.148$	$R^2 = 0.001$
อบต.หนองหญ้าไทร	$y = -0.012x + 6.088$	$R^2 = 9E-05$
อบต.บางกระทุ่ม	$y = 0.051x + 4.492$	$R^2 = 0.002$
อบต.ชมพู	$y = 0.024x + 3.116$	$R^2 = 0.000$
อบต.ทุ่งสมอ	$y = -0.043x + 3.591$	$R^2 = 0.002$
อบต.วังทอง	$y = 0.019x + 6.538$	$R^2 = 0.000$
อบต.แก่งโสภา	$y = -0.007x + 2.863$	$R^2 = 8E-05$
ทต.นครไทย	$y = 0.069x + 3.213$	$R^2 = 0.007$
อบต.หินลาด	$y = 0.045x + 6.771$	$R^2 = 0.001$
อบต.คงประคำ	$y = -0.024x + 7.379$	$R^2 = 0.000$
อบต.ชาติตระการ	$y = 0.131x + 5.332$	$R^2 = 0.012$
อบต.ไร่ย่อย	$y = -0.007x + 5.478$	$R^2 = 5E-05$
ทต.ทองแสนขัน	$y = 0.362x + 3.181$	$R^2 = 0.121$
อบต.วังแดง	$y = 0.225x + 3.487$	$R^2 = 0.048$
อบต.น้ำไคร้	$y = 0.054x + 4.569$	$R^2 = 0.003$
อบต.แม่พูล	$y = 0.183x + 5.327$	$R^2 = 0.018$
อบต.แสนตอ	$y = 0.172x + 1.963$	$R^2 = 0.042$
อบต.ท่าปลา	$y = 0.097x + 2.595$	$R^2 = 0.010$
อบต.บ้านเสียว	$y = 0.038x + 5.112$	$R^2 = 0.002$
อบต.ม่วงเจ็ดต้น	$y = 0.065x + 3.299$	$R^2 = 0.008$
อบต.นาทะนุง	$y = 0.079x + 2.552$	$R^2 = 0.004$
อบต.ศิระเกษ	$y = 0.127x + 1.614$	$R^2 = 0.030$
อบต.ไถล่น่าน	$y = 0.133x + 4.115$	$R^2 = 0.018$
ทต.หนองแดง	$y = 0.024x + 1.750$	$R^2 = 0.002$
อบต.น้ำเกีฮน	$y = 0.262x + 4.655$	$R^2 = 0.040$
อบต.เปือ	$y = 0.213x + 7.431$	$R^2 = 0.015$

เมื่อนำค่าฝนที่ได้จากดาวเทียม TRMM และจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินมาหาความสัมพันธ์กัน ปรากฏว่าค่าน้ำฝนทั้งสองตำแหน่งนั้นมีความสัมพันธ์กันน้อยมากหรือแทบจะไม่มี ความสัมพันธ์กันเลย จึงนำข้อมูลน้ำฝนของดาวเทียม TRMM กับค่าน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝน ภาคพื้นดิน มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ใหม่ โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น แบบสะสม

4.3.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม

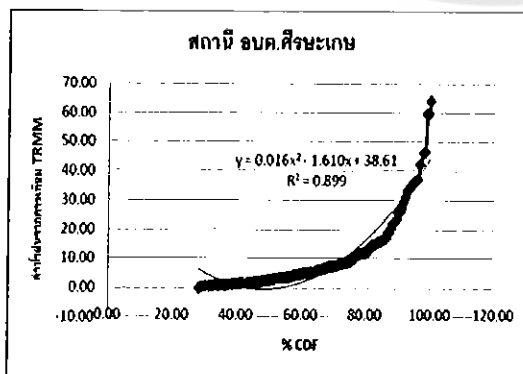
(Cumulative Density Function, CDF) ซึ่งจะหาความสัมพันธ์กัน โดยใช้ค่าความถี่สะสมของ ปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน จากการหา % CDF จะ ได้ตารางข้อมูลพร้อมกราฟ ดังนี้

4.3.2.1 กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตรที่ได้จาก ดาวเทียม TRMM (ตารางข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก จ.) แสดงดังนี้

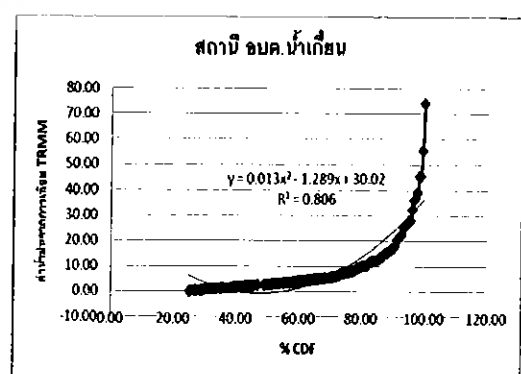


1.) สถานี อบต.หัวขุท

2.) สถานี อบต.หอไกร

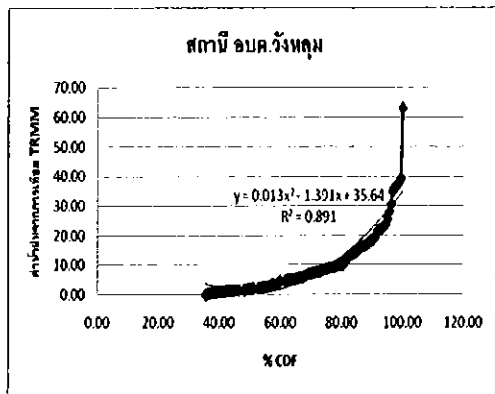


3.) สถานี อบต.ศรีษะเกษ

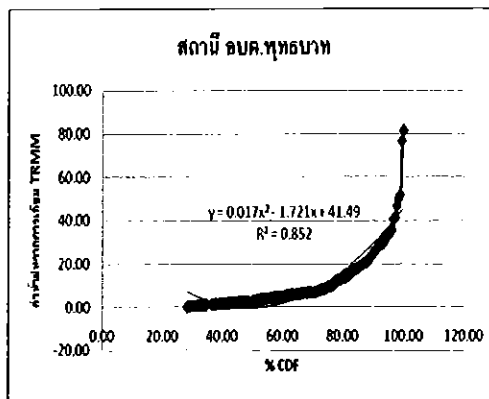


4.) สถานี อบต.น้ำเกี๋ยน

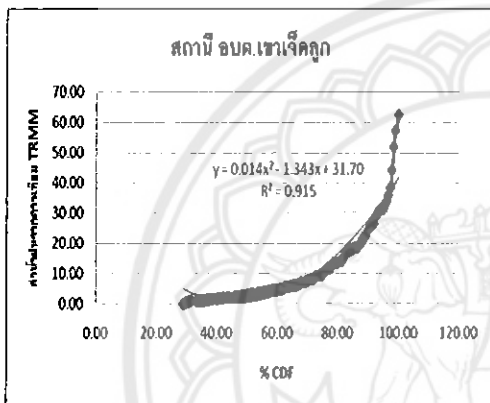
รูปที่ 4.4 กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร ที่ได้จากดาวเทียม TRMM



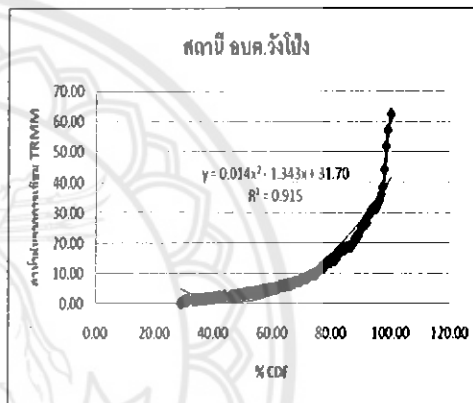
5.) สถานี อบต.วังหลุม



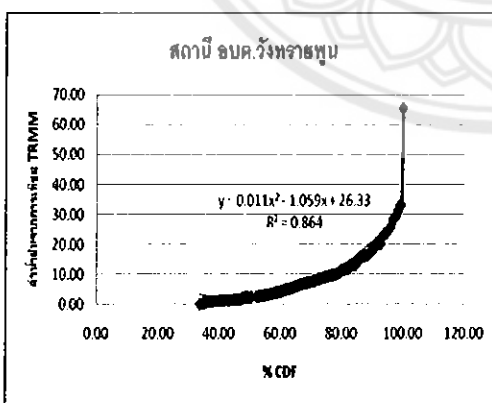
6.) สถานี อบต.พุทธบาท



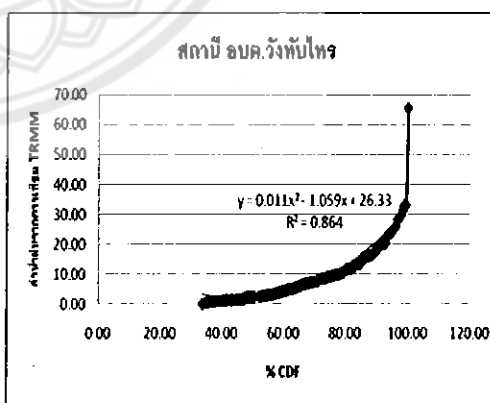
7.) สถานี อบต.เขาเจ็ดยอด



8.) สถานี อบต.วังไผ่

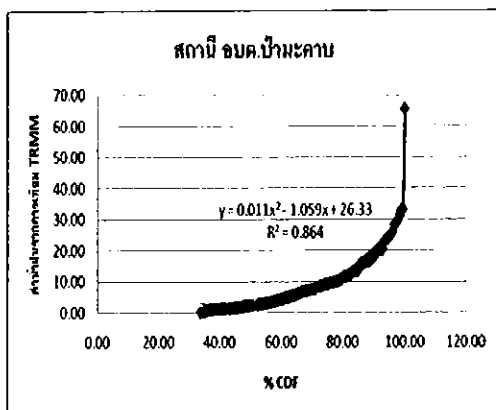


9.) สถานี อบต.วังทรายพูน

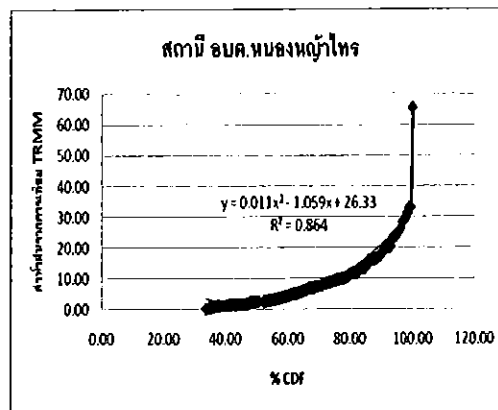


10.) สถานี อบต.วังทับไทร

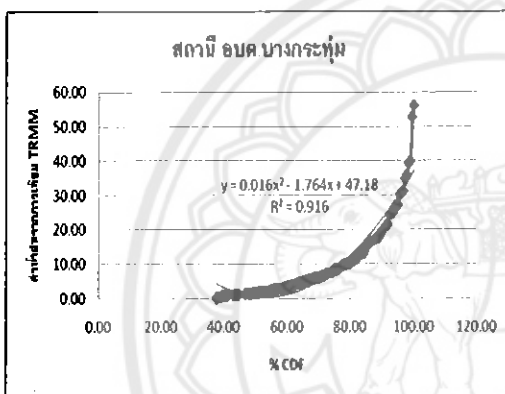
รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากดาวเทียม TRMM



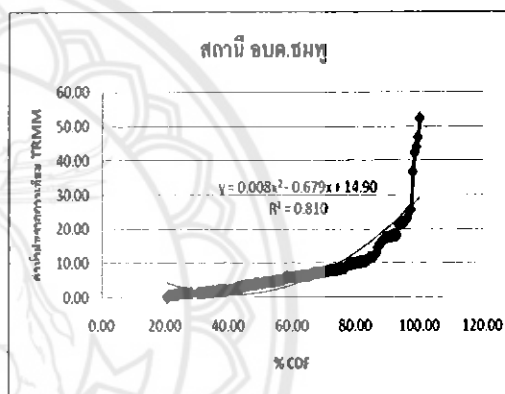
11.) สถานี อบต.ป่ามะคาบ



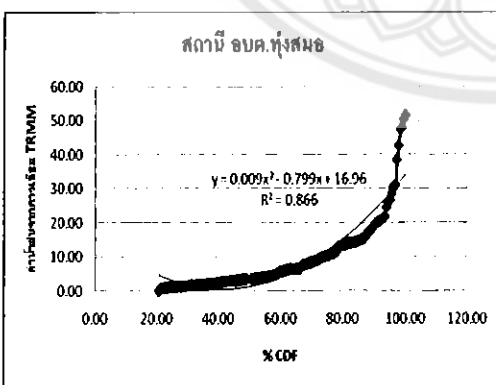
12.) สถานี อบต.หนองหญ้าไทร



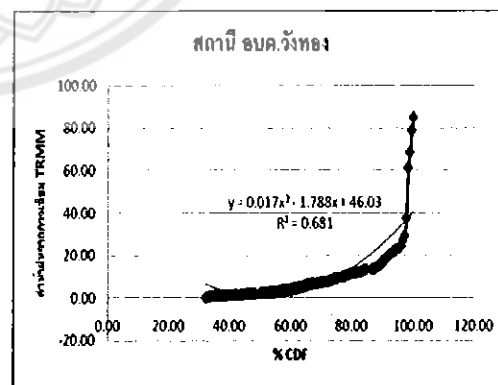
13.) สถานี อบต.บางกระทุ่ม



14.) สถานี อบต.ชมพู

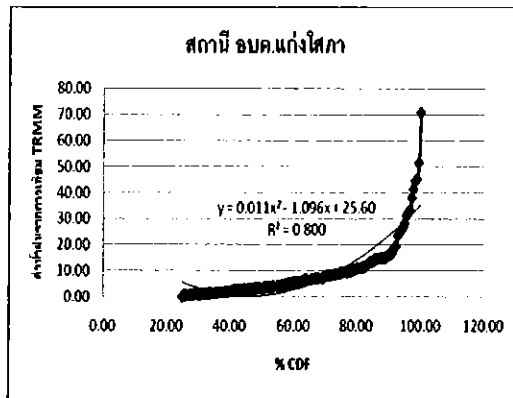


15.) สถานี อบต.ทุ่งสมอ

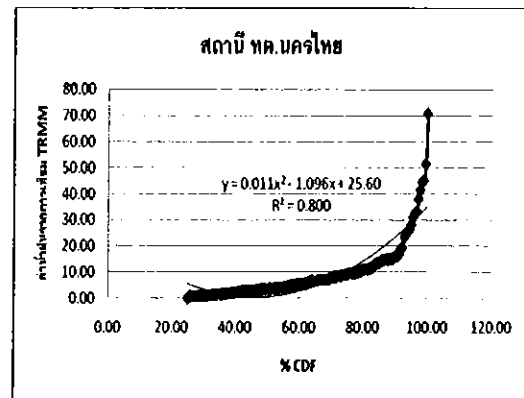


16.) สถานี อบต.วังทอง

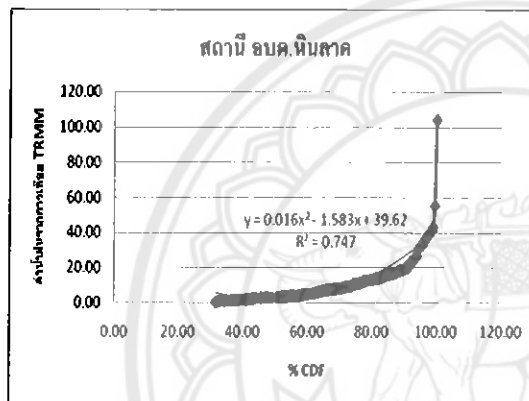
รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากดาวเทียม TRMM



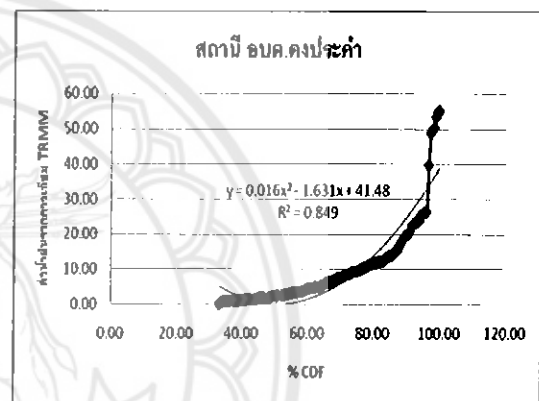
17.) สถานี อบต.แก่งไสภา



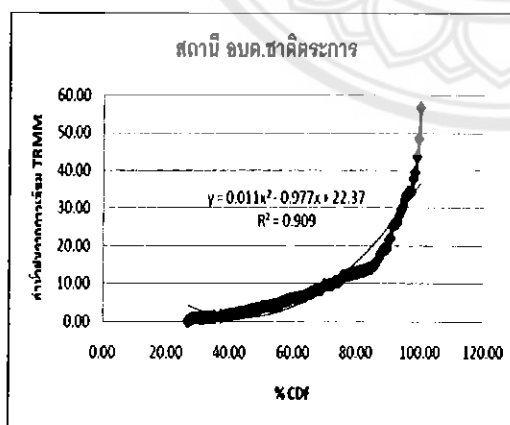
18.) สถานี ทต.นครไทย



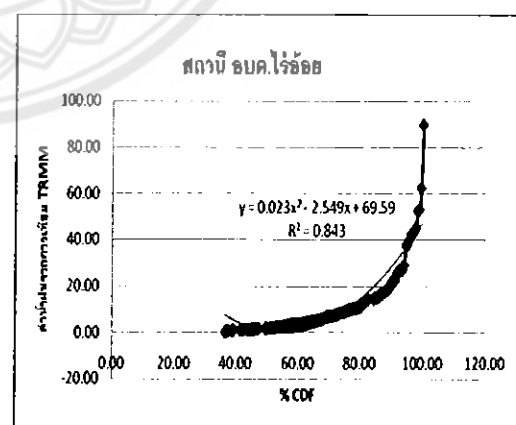
19.) สถานี อบต.หินลาด



20.) สถานี อบต.คงประคำ

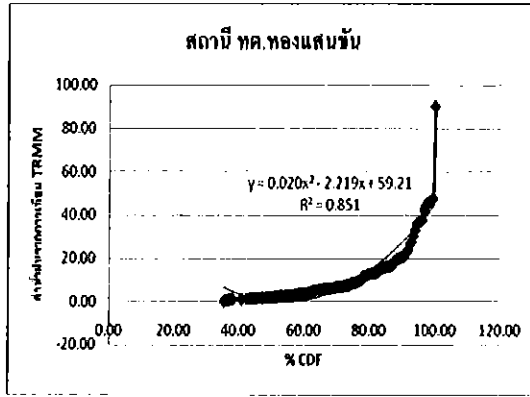


21.) สถานี อบต.ชาติตระการ

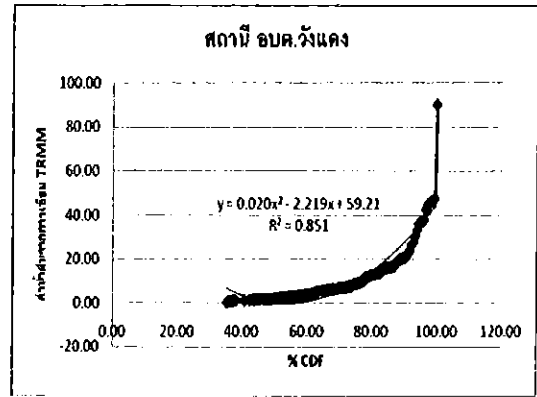


22.) สถานี อบต.ไร่อ้อ

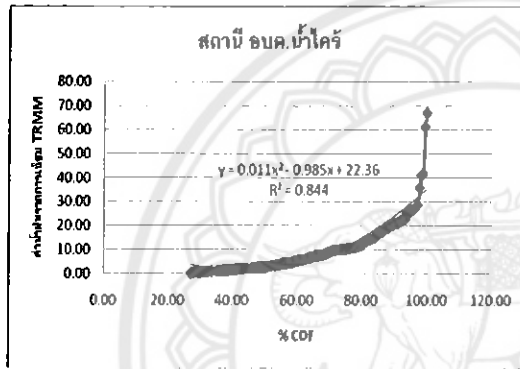
รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากดาวเทียม TRMM



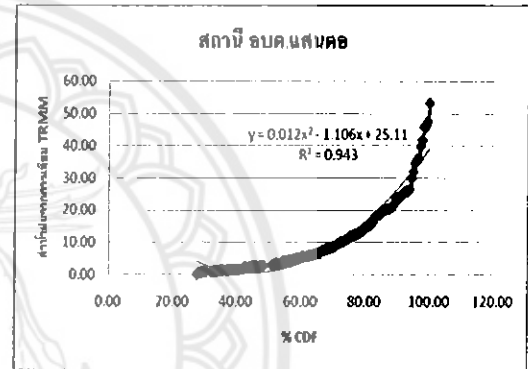
23.) สถานี ทด.ทองแสนขัน



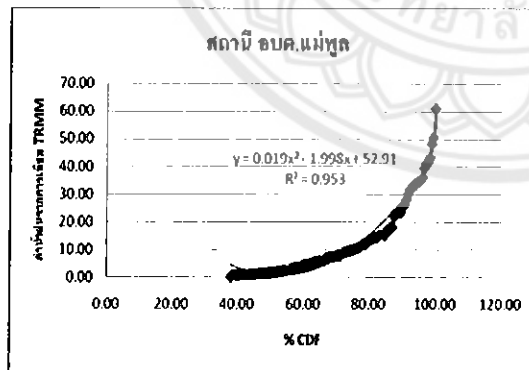
24.) สถานี อบต.วังแดง



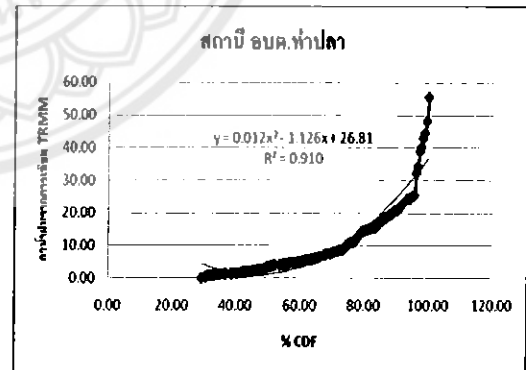
25.) สถานี อบต.น้ำไคร้



26.) สถานี อบต.แสนตอ

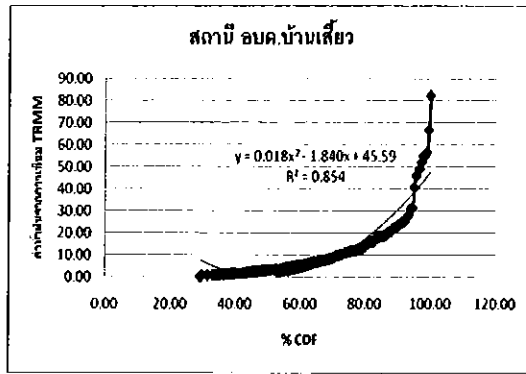


27.) สถานี อบต.แม่พูน

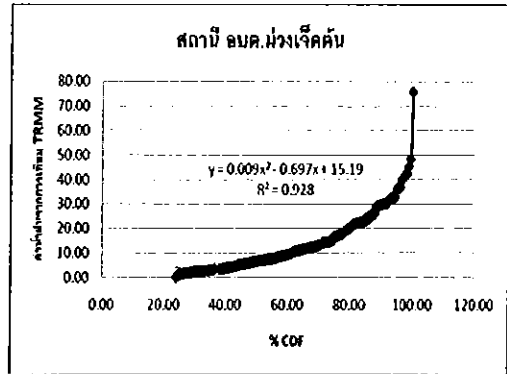


28.) สถานี อบต.ท่าปลา

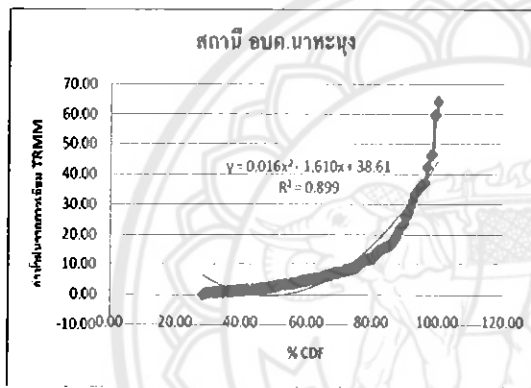
รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากดาวเทียม TRMM



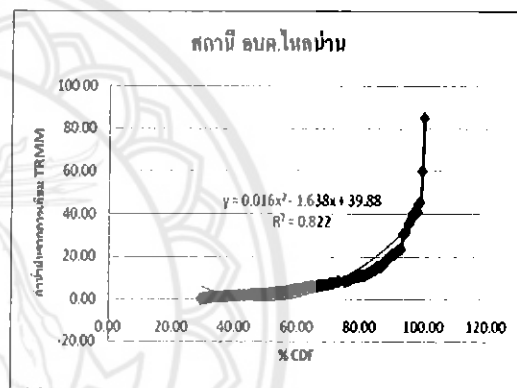
29.) สถานี อบต.บ้านเสี้ยว



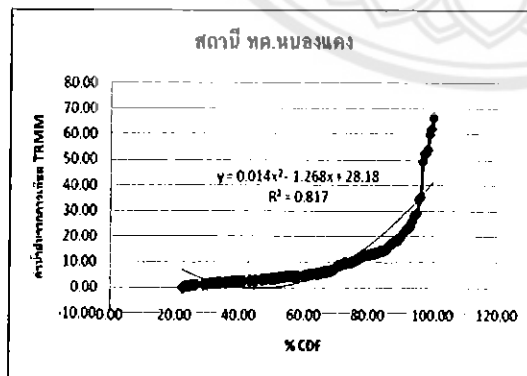
30.) สถานี อบต.ม่วงเจ็ดต้น



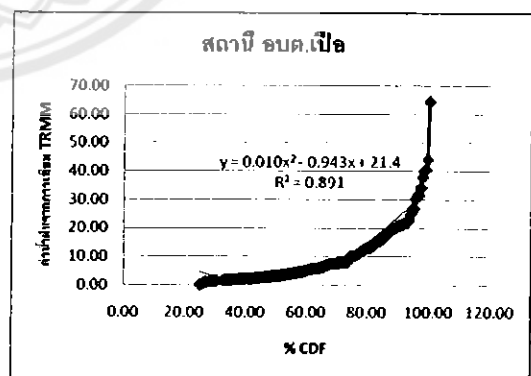
31.) สถานี อบต.นาทะนุง



32.) สถานี อบต.ไหล่น่าน



33.) สถานี ทต.หนองแดง



34.) สถานี อบต.เปือย

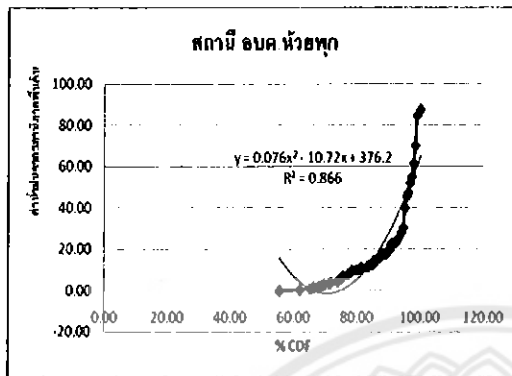
รูปที่ 4.4 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากดาวเทียม TRMM

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบพหุนามของ % CDF และค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM พบว่าทั้งสองค่าของแต่ละสถานีมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก เนื่องจากค่า R^2 มีค่ามากกว่า 0.64 (ตารางที่ 4.2)

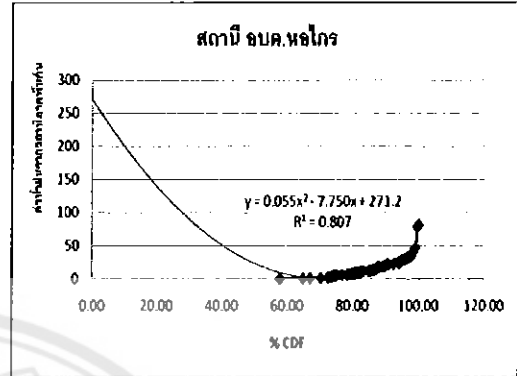
ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากดาวเทียม TRMM

Station	ความสัมพันธ์แบบพหุนามของ % CDF และค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM	
อบต.ห้วยพุก	$y = 0.015x^2 - 1.596x + 41.17$	$R^2 = 0.936$
อบต.หอไกร	$y = 0.015x^2 - 1.580x + 40.75$	$R^2 = 0.938$
อบต.วังหลุม	$y = 0.013x^2 - 1.391x + 35.64$	$R^2 = 0.891$
อบต.พุทธบาท	$y = 0.017x^2 - 1.721x + 41.49$	$R^2 = 0.852$
อบต.เขมจัดลูก	$y = 0.014x^2 - 1.343x + 31.70$	$R^2 = 0.915$
อบต.วังโป่ง	$y = 0.014x^2 - 1.343x + 31.70$	$R^2 = 0.915$
อบต.วังทรายพูน	$y = 0.011x^2 - 1.059x + 26.33$	$R^2 = 0.864$
อบต.วังทับไทร	$y = 0.011x^2 - 1.059x + 26.33$	$R^2 = 0.864$
อบต.ป่ามะคาบ	$y = 0.011x^2 - 1.059x + 26.33$	$R^2 = 0.864$
อบต.หนองหญ้าไทร	$y = 0.011x^2 - 1.059x + 26.33$	$R^2 = 0.864$
อบต.บางกระทุ่ม	$y = 0.016x^2 - 1.764x + 47.18$	$R^2 = 0.916$
อบต.ชมพู	$y = 0.008x^2 - 0.679x + 14.90$	$R^2 = 0.810$
อบต.ทุ่งสมอ	$y = 0.009x^2 - 0.799x + 16.96$	$R^2 = 0.866$
อบต.วังทอง	$y = 0.017x^2 - 1.788x + 46.03$	$R^2 = 0.681$
อบต.แก่งโสภา	$y = 0.011x^2 - 1.096x + 25.60$	$R^2 = 0.800$
ทต.นครไทย	$y = 0.011x^2 - 1.096x + 25.60$	$R^2 = 0.800$
อบต.หินลาด	$y = 0.016x^2 - 1.583x + 39.62$	$R^2 = 0.747$
อบต.ดงประจำ	$y = 0.016x^2 - 1.631x + 41.48$	$R^2 = 0.849$
อบต.ชาติตระการ	$y = 0.011x^2 - 0.977x + 22.37$	$R^2 = 0.909$
อบต.ไร่ย่อย	$y = 0.023x^2 - 2.549x + 69.59$	$R^2 = 0.843$
ทต.ทองแสนขัน	$y = 0.020x^2 - 2.219x + 59.21$	$R^2 = 0.851$
อบต.วังแดง	$y = 0.020x^2 - 2.219x + 59.21$	$R^2 = 0.851$
อบต.น้ำไคว้	$y = 0.011x^2 - 0.985x + 22.36$	$R^2 = 0.844$
อบต.แม่พุด	$y = 0.019x^2 - 1.998x + 52.91$	$R^2 = 0.953$
อบต.แสนตอ	$y = 0.012x^2 - 1.106x + 25.11$	$R^2 = 0.943$
อบต.ท่าปลา	$y = 0.012x^2 - 1.126x + 26.81$	$R^2 = 0.910$
อบต.บ้านเสี้ยว	$y = 0.018x^2 - 1.840x + 45.59$	$R^2 = 0.854$
อบต.ม่วงเจ็ดต้น	$y = 0.009x^2 - 0.697x + 15.19$	$R^2 = 0.928$
อบต.นาทะนุง	$y = 0.016x^2 - 1.610x + 38.61$	$R^2 = 0.899$
อบต.ศิระเกษ	$y = 0.016x^2 - 1.610x + 38.61$	$R^2 = 0.899$
อบต.ไหล่น่าน	$y = 0.016x^2 - 1.638x + 39.88$	$R^2 = 0.822$
ทต.หนองแดง	$y = 0.014x^2 - 1.268x + 28.18$	$R^2 = 0.817$
อบต.น้ำเกียน	$y = 0.013x^2 - 1.289x + 30.02$	$R^2 = 0.806$
อบต.เปือ	$y = 0.010x^2 - 0.943x + 21.4$	$R^2 = 0.891$

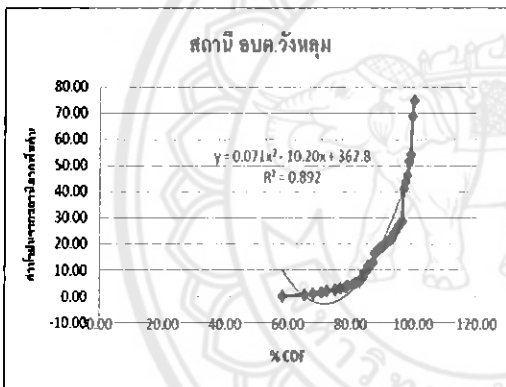
4.3.2.2 กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตรที่ได้จาก สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (ตารางข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก จ.) แสดงดังนี้



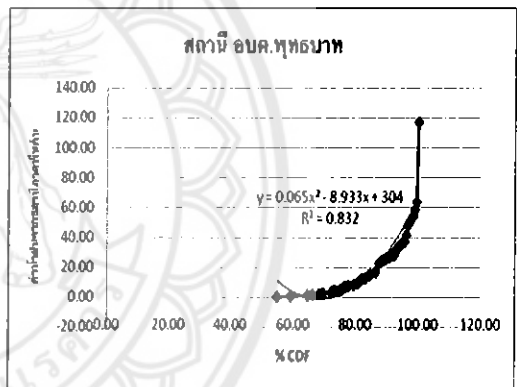
1.) สถานี ออบค.หัวซุก



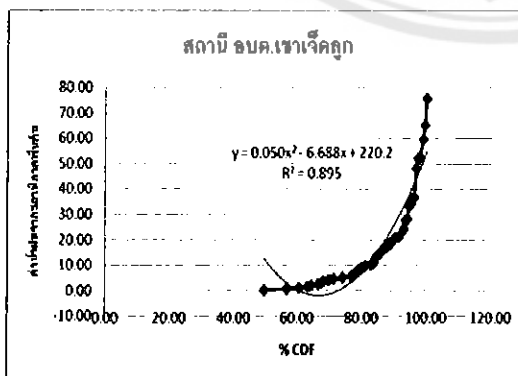
2.) สถานี ออบค.หอไกร



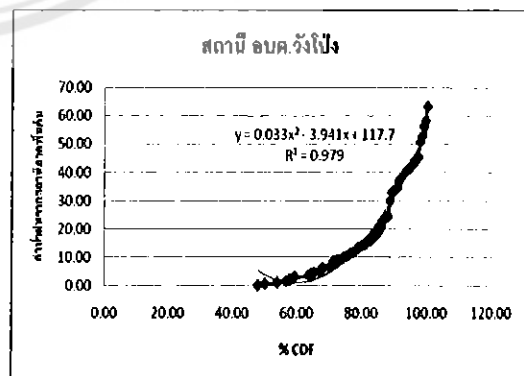
3.) สถานี ออบค.วังหลุม



4.) สถานี ออบค.พุทธบาท

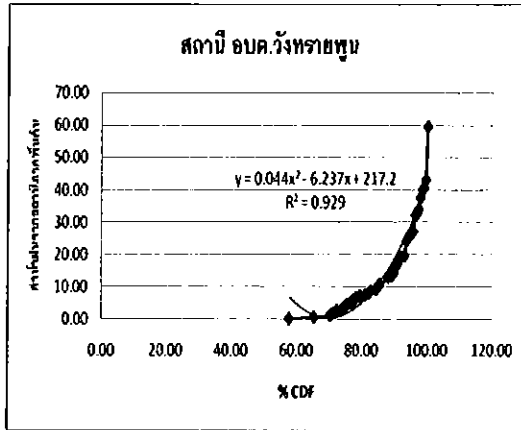


5.) สถานี ออบค.เขาเจ็ดยักษ์

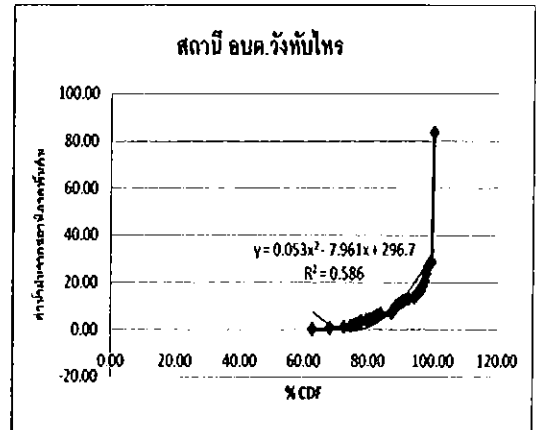


6.) สถานี ออบค.วังโป่ง

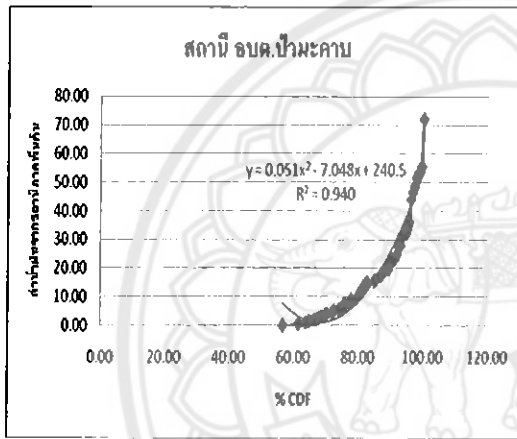
รูปที่ 4.5 กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



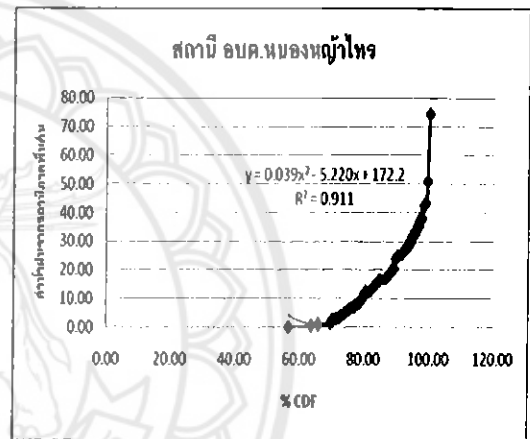
7.) สถานี อบค.วังทรายพูน



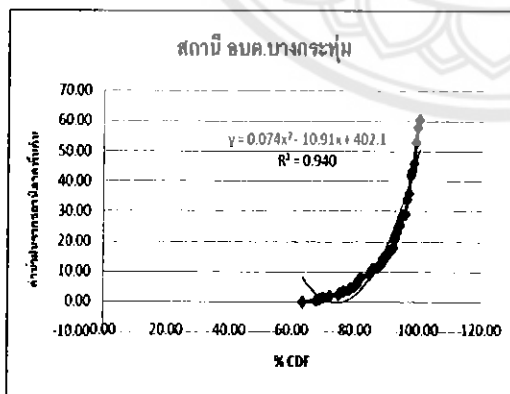
8.) สถานี อบค.วังทับไทร



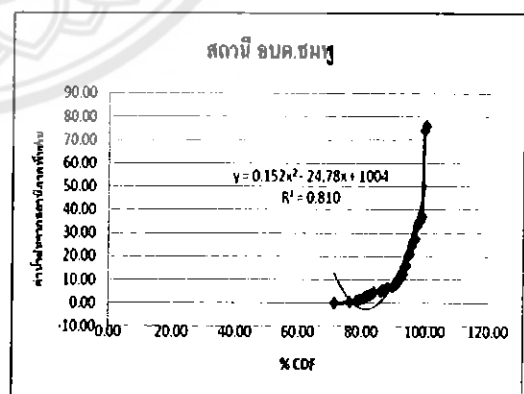
9.) สถานี อบค.ป้ามะคาบ



10.) สถานี อบค.หนองหญ้าไทร

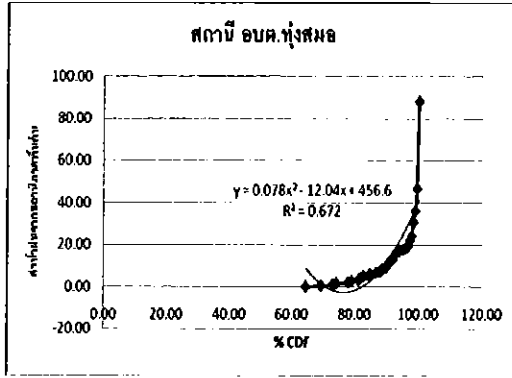


11.) สถานี อบค.บางกระทุ่ม

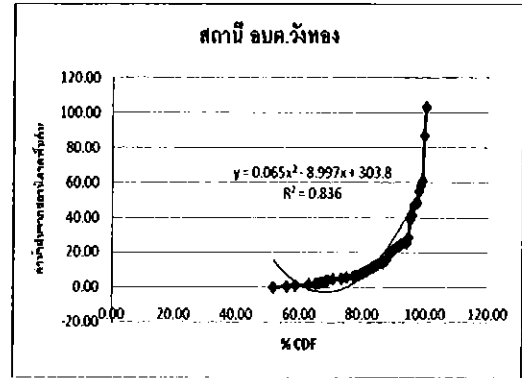


12.) สถานี อบค.ชมพู

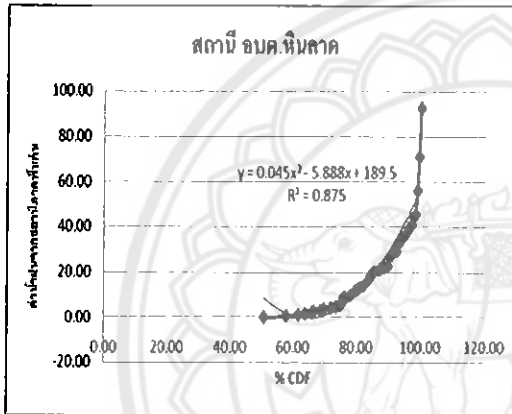
รูปที่ 4.5 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



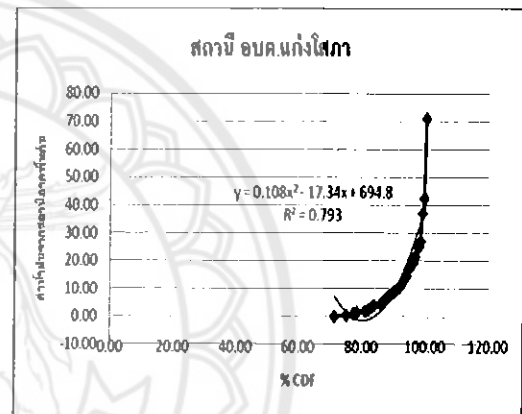
13.) สถานี อบค.ทุ่งสมอ



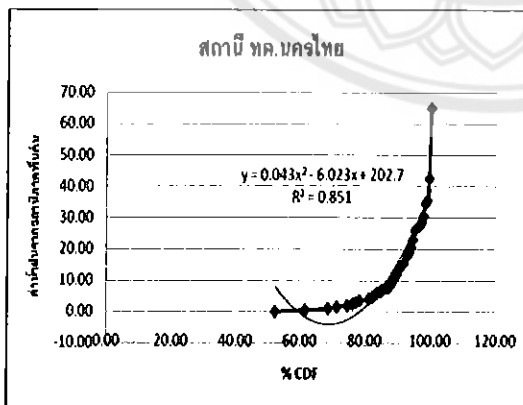
14.) สถานี อบค.วังทอง



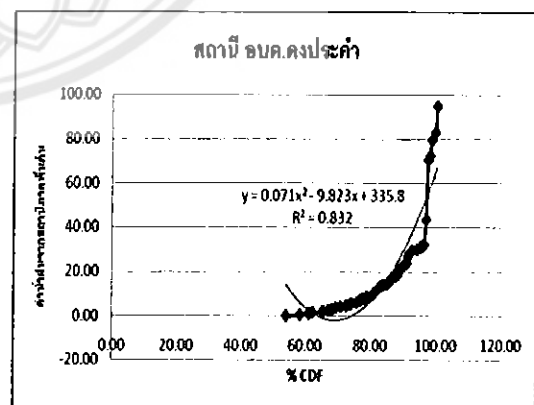
15.) สถานี อบค.หินลาด



16.) สถานี อบค.แก่งไสภา

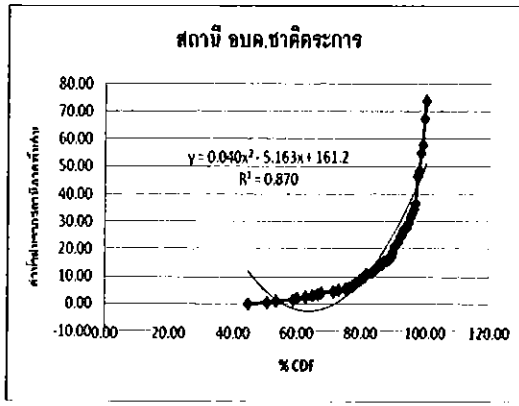


17.) สถานี ทค.นครไทย

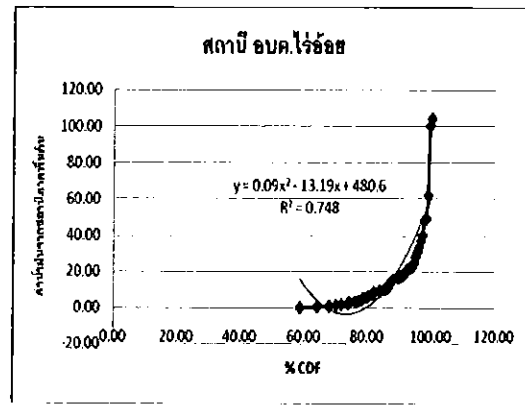


18.) สถานี อบค.คงประคำ

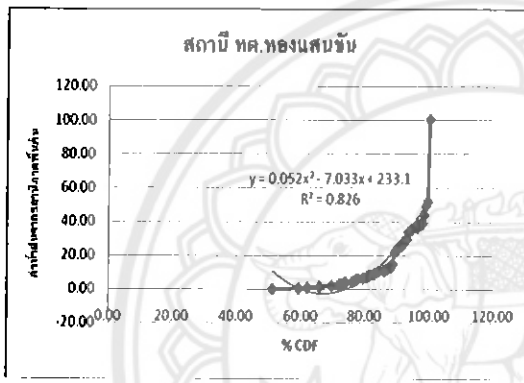
รูปที่ 4.5 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



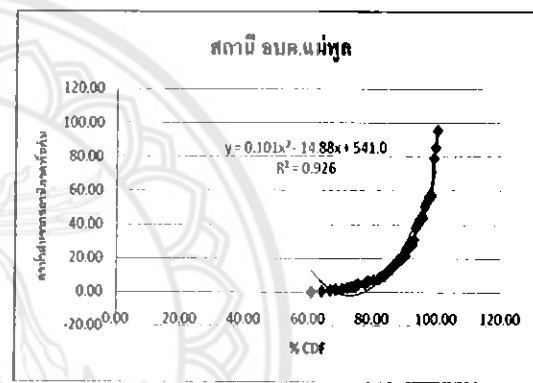
19.) สถานี อบต.ชาติตระการ



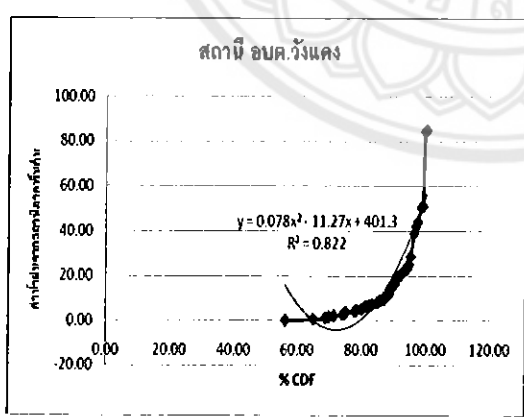
20.) สถานี อบต.ไร่ฮ้อย



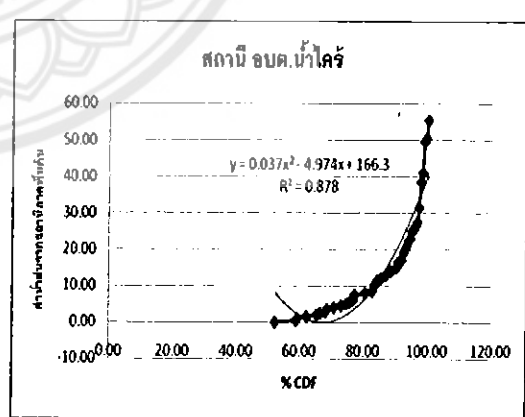
21.) สถานี ทต.ทองแสนขัน



22.) สถานี อบต.แม่พุด

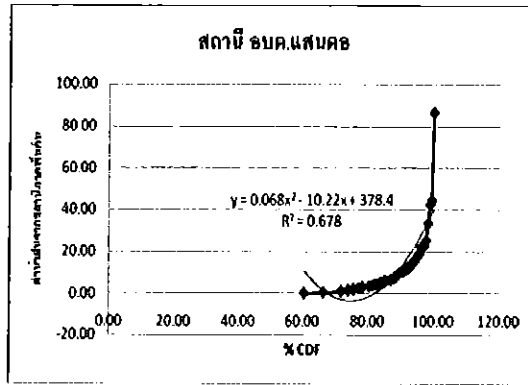


23.) สถานี อบต.วังแดง

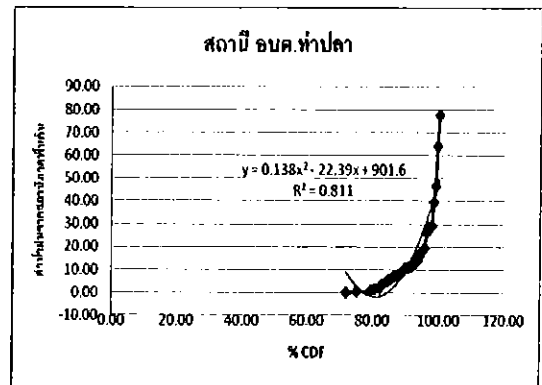


24.) สถานี อบต.น้ำไคร้

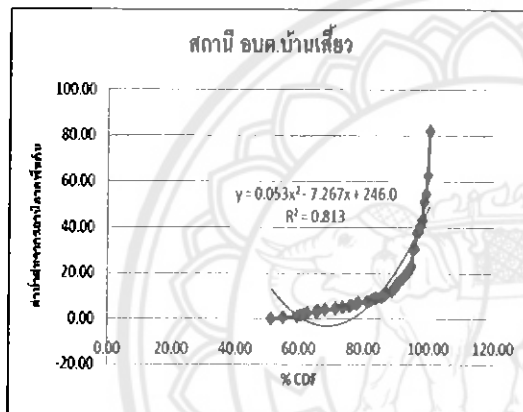
รูปที่ 4.5 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



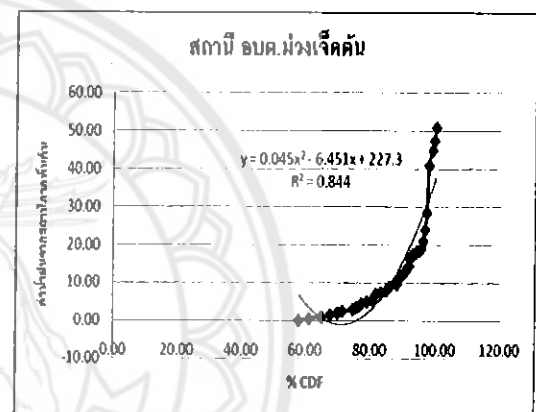
25.) สถานี อบต.แสนคย



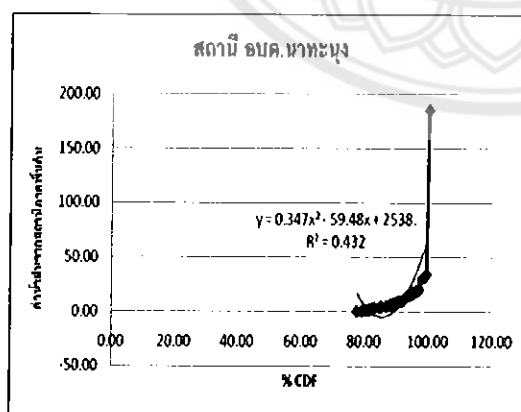
26.) สถานี อบต.ท่าปลา



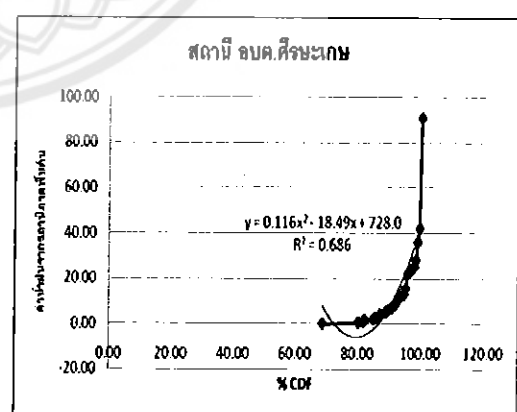
27.) สถานี อบต.บ้านเสี้ยว



28.) สถานี อบต.ม่วงเจ็ดต้น



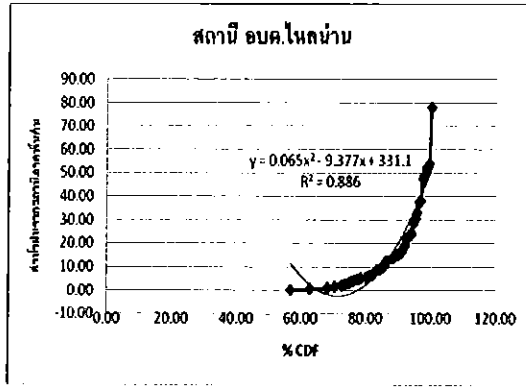
29.) สถานี อบต.นาทะนุง



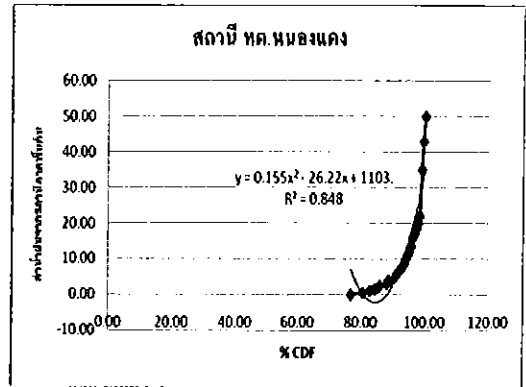
30.) สถานี อบต.ศิระเกษ

รูปที่ 4.5 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร

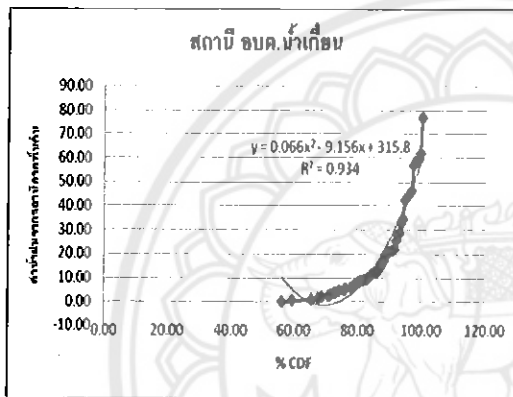
ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน



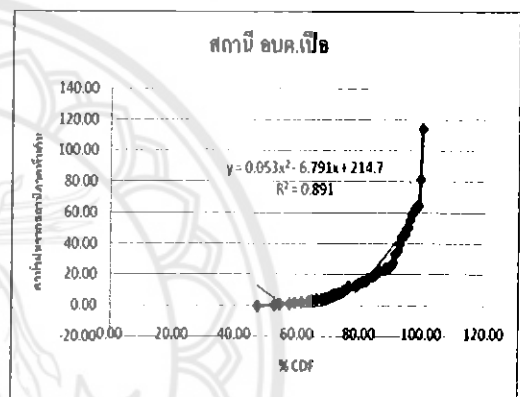
31.) สถานี สบต.ไหล่น่าน



32.) สถานี ทต.หนองแดง



33.) สถานี สบต.น้ำเกียน



34.) สถานี สบต.เปือ

รูปที่ 4.5 (ต่อ) กราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร
ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบพหุนามของ % CDF และค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน พบว่าทั้งสองค่าของแต่ละสถานีมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก เนื่องจากค่า R^2 มีค่ามากกว่า 0.64 แต่จะมีสถานีวังทับไทร จะมีความสัมพันธ์กันระดับปานกลางเนื่องจากค่า $0.25 < R^2 < 0.64$ (ตารางที่ 4.3)

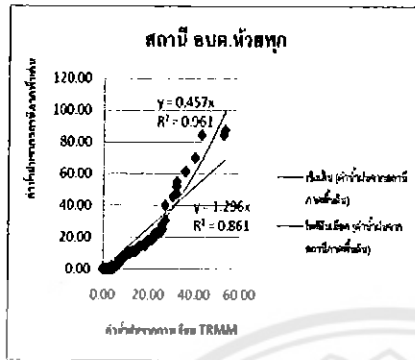
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร

ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

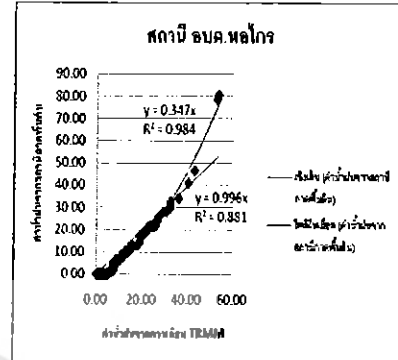
Station	ความสัมพันธ์แบบพหุนาม % CDF และค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน	
อบต.ห้วยพุก	$y = 0.076x^2 - 10.72x + 376.2$	$R^2 = 0.866$
อบต.หอไกร	$y = 0.055x^2 - 7.750x + 271.2$	$R^2 = 0.807$
อบต.วังหลุม	$y = 0.071x^2 - 10.20x + 362.8$	$R^2 = 0.892$
อบต.พุทธรบาท	$y = 0.065x^2 - 8.933x + 304$	$R^2 = 0.832$
อบต.เขาเข็ดตุก	$y = 0.050x^2 - 6.688x + 220.2$	$R^2 = 0.895$
อบต.วังโป่ง	$y = 0.033x^2 - 3.941x + 117.7$	$R^2 = 0.979$
อบต.วังทรายพูน	$y = 0.044x^2 - 6.237x + 217.2$	$R^2 = 0.929$
อบต.วังทับไทร	$y = 0.053x^2 - 7.961x + 296.7$	$R^2 = 0.586$
อบต.ป่ามะคาบ	$y = 0.051x^2 - 7.048x + 240.5$	$R^2 = 0.940$
อบต.หนองหญ้าไทร	$y = 0.039x^2 - 5.220x + 172.2$	$R^2 = 0.911$
อบต.บางกระทุ่ม	$y = 0.074x^2 - 10.91x + 402.1$	$R^2 = 0.940$
อบต.ชมพู	$y = 0.152x^2 - 24.78x + 1004$	$R^2 = 0.810$
อบต.ทุ่งสมอ	$y = 0.078x^2 - 12.04x + 456.6$	$R^2 = 0.672$
อบต.วังทอง	$y = 0.065x^2 - 8.997x + 303.8$	$R^2 = 0.836$
อบต.แก่งไสภา	$y = 0.108x^2 - 17.34x + 694.8$	$R^2 = 0.793$
ทต.นครไทย	$y = 0.043x^2 - 6.023x + 202.7$	$R^2 = 0.851$
อบต.พินลาด	$y = 0.045x^2 - 5.888x + 189.5$	$R^2 = 0.875$
อบต.คงประคำ	$y = 0.071x^2 - 9.823x + 335.8$	$R^2 = 0.832$
อบต.ชาติตระการ	$y = 0.040x^2 - 5.163x + 161.2$	$R^2 = 0.870$
อบต.ไร่ช้อย	$y = 0.09x^2 - 13.19x + 480.6$	$R^2 = 0.748$
ทต.ทองแสนขัน	$y = 0.052x^2 - 7.033x + 233.1$	$R^2 = 0.826$
อบต.วังแดง	$y = 0.078x^2 - 11.27x + 401.3$	$R^2 = 0.822$
อบต.น้ำไคร้	$y = 0.037x^2 - 4.974x + 166.3$	$R^2 = 0.878$
อบต.แม่พุด	$y = 0.101x^2 - 14.88x + 541.0$	$R^2 = 0.926$
อบต.แสนตอ	$y = 0.068x^2 - 10.22x + 378.4$	$R^2 = 0.678$
อบต.ท่าปลา	$y = 0.138x^2 - 22.39x + 901.6$	$R^2 = 0.811$
อบต.บ้านเขี้ยว	$y = 0.053x^2 - 7.267x + 246.0$	$R^2 = 0.813$
อบต.ม่วงเจ็ดต้น	$y = 0.045x^2 - 6.451x + 227.3$	$R^2 = 0.844$
อบต.นาคะนุง	$y = 0.347x^2 - 59.48x + 2538$	$R^2 = 0.432$
อบต.สี่ระเกษ	$y = 0.116x^2 - 18.49x + 728.0$	$R^2 = 0.686$
อบต.ไหล่น่าน	$y = 0.065x^2 - 9.377x + 331.1$	$R^2 = 0.886$
ทต.หนองแดง	$y = 0.155x^2 - 26.22x + 1103$	$R^2 = 0.848$
อบต.น้ำเกียน	$y = 0.066x^2 - 9.156x + 315.8$	$R^2 = 0.934$
อบต.เปือ	$y = 0.053x^2 - 6.791x + 214.7$	$R^2 = 0.891$

4.3.2.3 กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับปริมาณฝนจาก

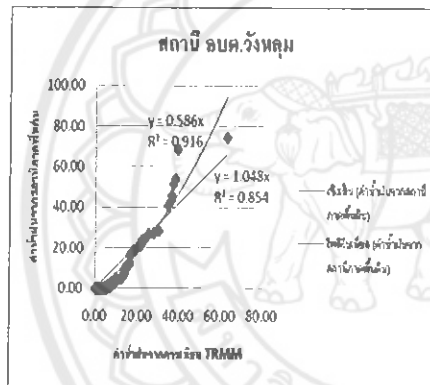
สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน (ตารางข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก ข.) แสดงดังนี้



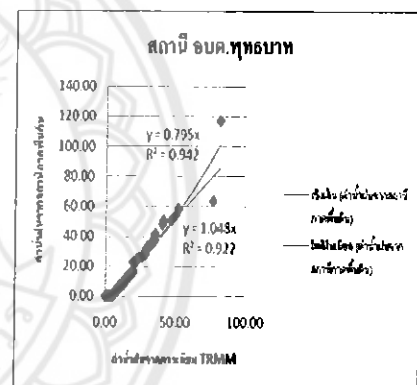
1.) สถานี ออบต.หัวซุก



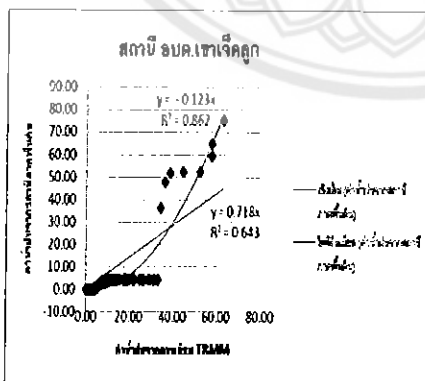
2.) สถานี ออบต.หอไกร



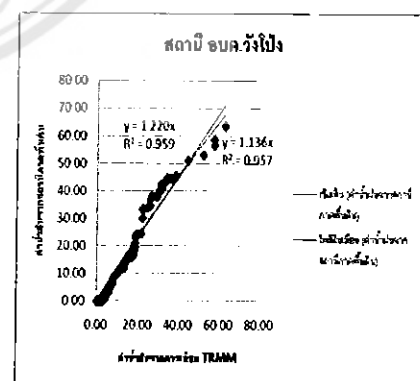
3.) สถานี ออบต.วังหลุม



4.) สถานี ออบต.พุทธบาท



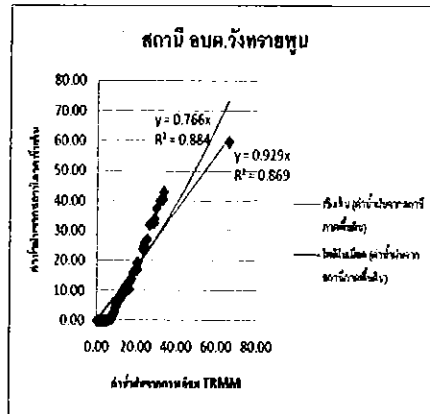
5.) สถานี ออบต.เขาเจ็ดยักษ์



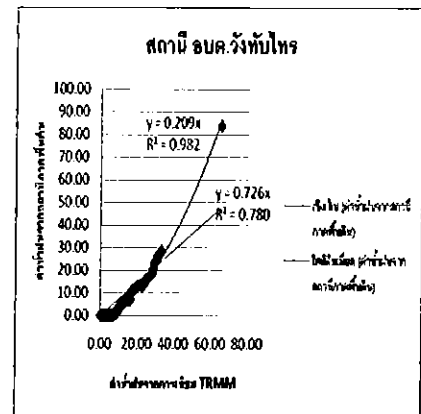
6.) สถานี ออบต.วังโป่ง

รูปที่ 4.6 กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับปริมาณฝนจาก

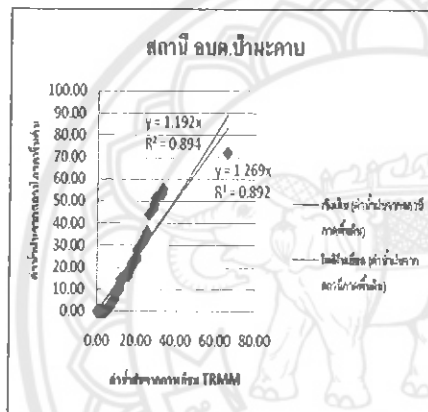
สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน



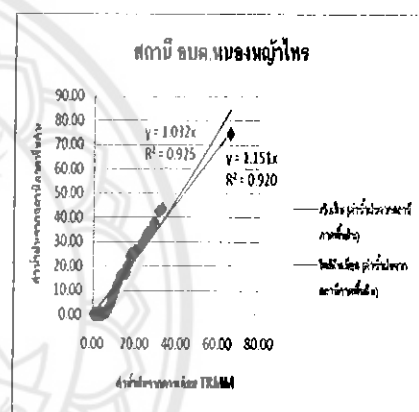
7.) สถานี อบต.วังทรายพูน



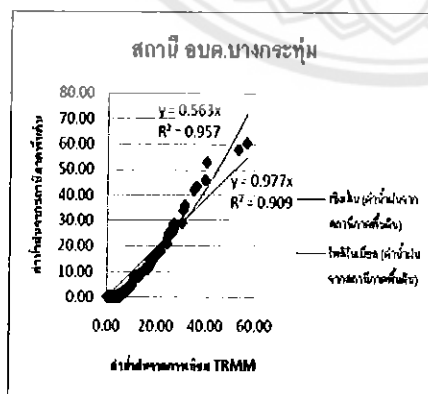
8.) สถานี อบต.วังทับไทร



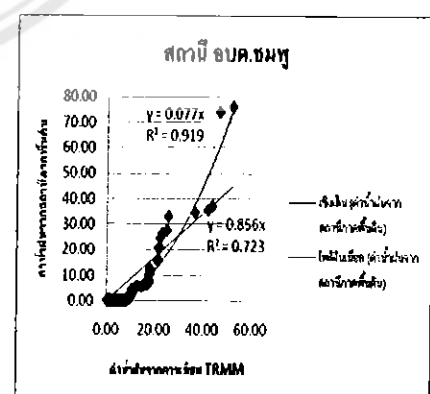
9.) สถานี อบต.ป่ามะคาบ



10.) สถานี อบต.หนองหญ้าไทร

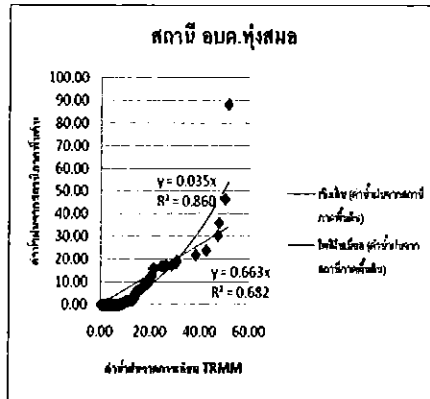


11.) สถานี อบต.บางกระทุ่ม

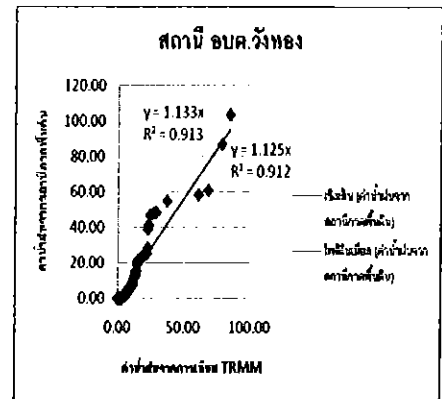


12.) สถานี อบต.ชมพู

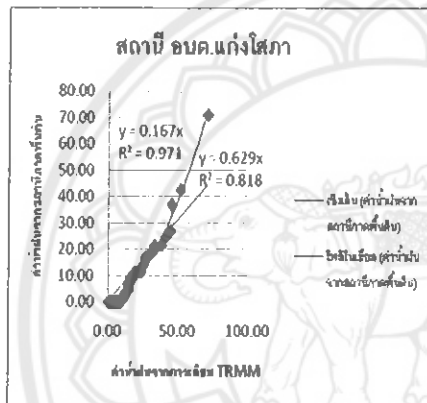
รูปที่ 4.6 (ต่อ) กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับ ปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน



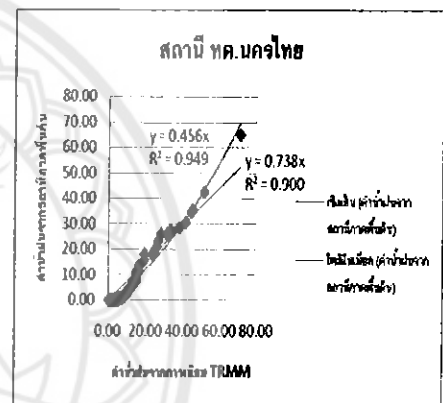
13.) สถานี อบต.ทุ่งสมอ



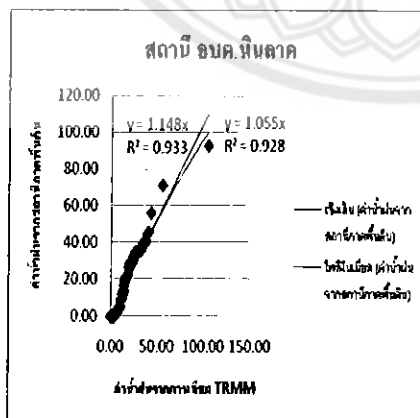
14.) สถานี อบต.วังทอง



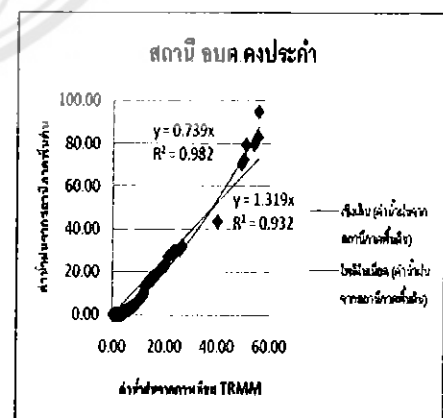
15.) สถานี อบต.แก่งไสภา



16.) สถานี ทต.นครไทย

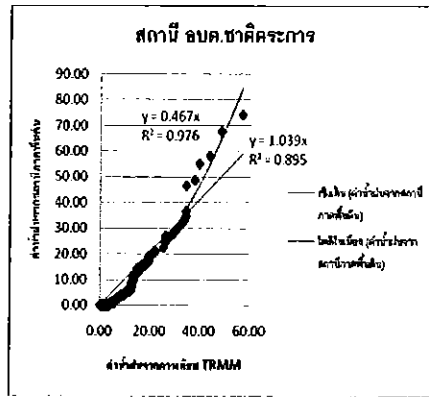


17.) สถานี อบต.หินลาด

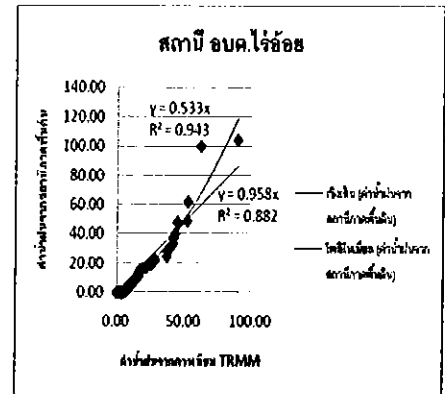


18.) สถานี อบต.คงประคำ

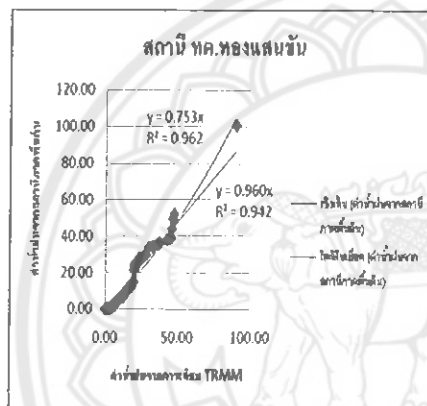
รูปที่ 4.6 (ต่อ) กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับ ปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน



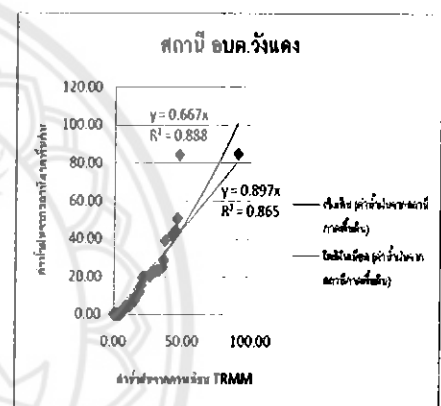
19.) สถานี อบต.ชาติตระการ



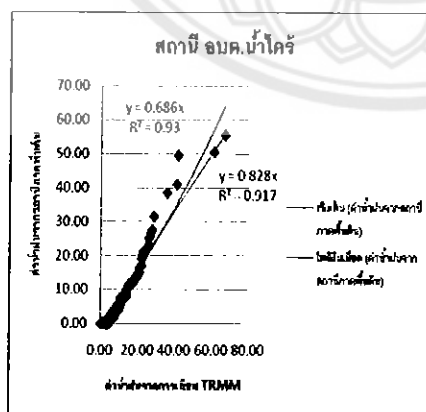
20.) สถานี อบต.ไร่ช้อย



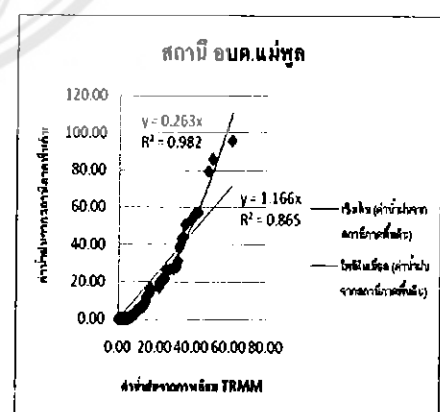
21.) สถานี ทต.ทองแสนขัน



22.) สถานี อบต.วังแดง

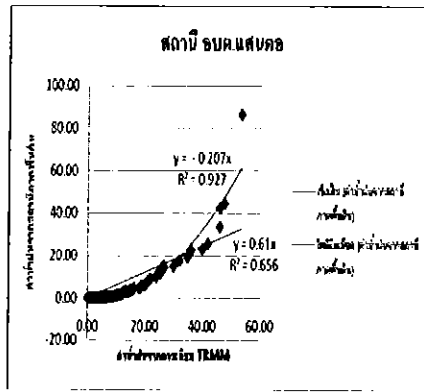


23.) สถานี อบต.น้ำไคร้

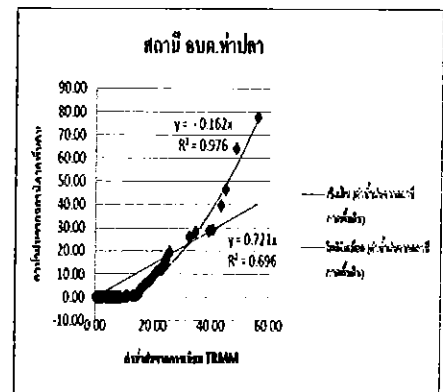


24.) สถานี อบต.แม่พูล

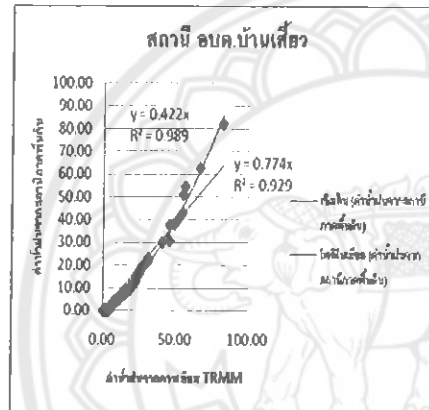
รูปที่ 4.6 (ต่อ) กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับ ปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน



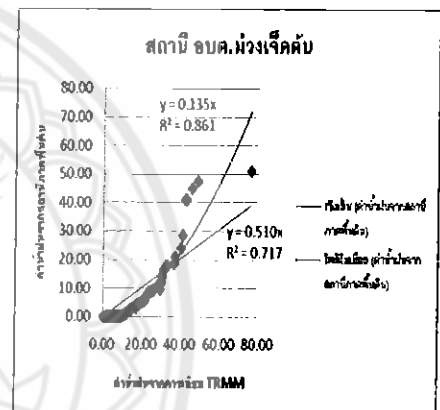
25.) สถานี อบต.น้ำไคร้



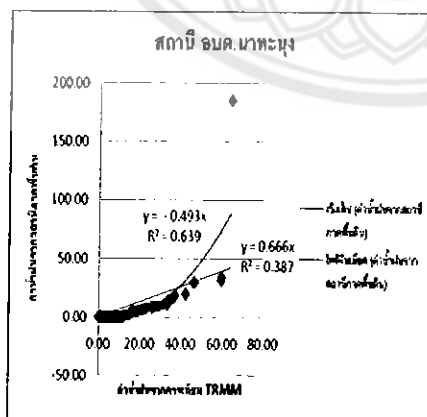
26.) สถานี อบต.ท่าปลา



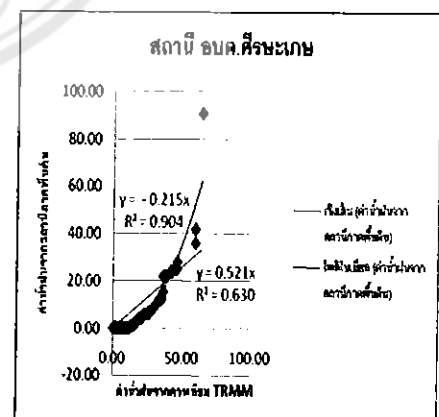
27.) สถานี อบต.บ้านเสี้ยว



28.) สถานี อบต.ม่วงเจ็ดต้น

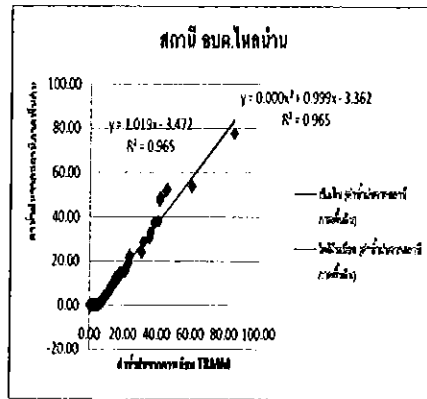


29.) สถานี อบต.นาทะนุง

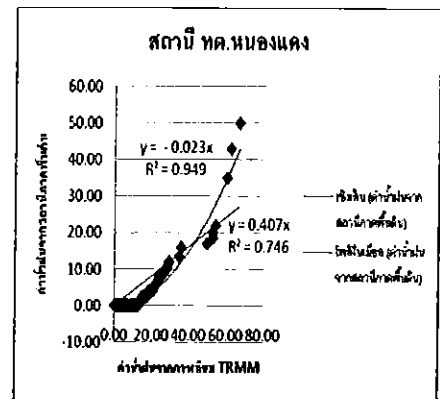


30.) สถานี อบต.ศรีระเกษ

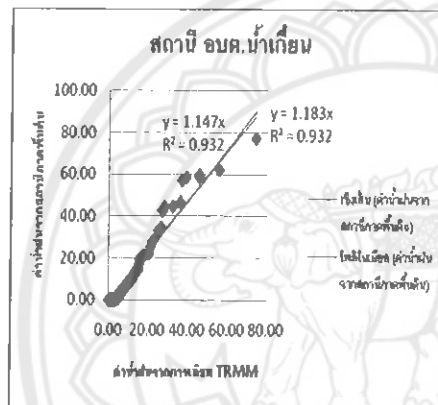
รูปที่ 4.6 (ต่อ) กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับ ปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน



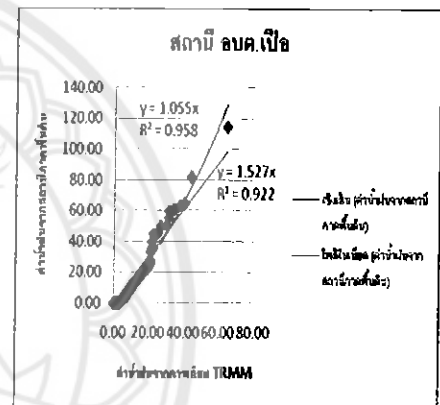
31.) สถานี สบต.ไหลน่าน



32.) สถานี ทต.หนองแดง



33.) สถานี สบต.น้ำเกียน



34.) สถานี สบต.เปือ

รูปที่ 4.6 (ต่อ) กราฟระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับ ปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น และความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลของค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ ตำแหน่งของ % CDF เดียวกัน (ตารางที่ 4.4 , ตารางที่ 4.5 ตามลำดับ) พบว่าทั้งสองค่าของแต่ละสถานีมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมากทั้งความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น และแบบโพลิโนเมียล เนื่องจากค่า R^2 มีค่ามากกว่า 0.64 แต่จะมีสถานีนาทะนุง ที่มีความสัมพันธ์กันระดับปานกลางในความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเนื่องจากค่า $0.25 < R^2 < 0.64$

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นของปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM
และปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน
แบบเชิงเส้น

Station	ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน แบบเชิงเส้น	
อบต.ห้วยพุก	$y = 1.573x - 6.332$	$R^2 = 0.919$
อบต.หอไกร	$y = 1.197x - 4.625$	$R^2 = 0.935$
อบต.วังท่อม	$y = 1.299x - 5.394$	$R^2 = 0.925$
อบต.พุทธบาท	$y = 1.189x - 4.197$	$R^2 = 0.954$
อบต.เขาเจ็ดยอด	$y = 0.888x - 4.519$	$R^2 = 0.702$
อบต.วังโป่ง	$y = 1.212x - 1.989$	$R^2 = 0.965$
อบต.วังทรายพูน	$y = 1.134x - 3.980$	$R^2 = 0.930$
อบต.วังทับไทร	$y = 0.953x - 4.433$	$R^2 = 0.880$
อบต.ป่ามะคาบ	$y = 1.491x - 4.327$	$R^2 = 0.933$
อบต.หนองหญ้าไทร	$y = 1.351x - 3.917$	$R^2 = 0.962$
อบต.บางกระทุ่ม	$y = 1.164x - 4.277$	$R^2 = 0.962$
อบต.ชมพู	$y = 1.151x - 5.622$	$R^2 = 0.840$
อบต.ทุ่งสมอ	$y = 0.865x - 4.276$	$R^2 = 0.772$
อบต.วังทอง	$y = 1.211x - 2.551$	$R^2 = 0.925$
อบต.แก่งโสภา	$y = 0.799x - 3.984$	$R^2 = 0.912$
ทต.นครไทย	$y = 0.888x - 3.511$	$R^2 = 0.963$
อบต.หินลาด	$y = 1.142x - 2.433$	$R^2 = 0.941$
อบต.คงประคำ	$y = 1.524x - 5.198$	$R^2 = 0.972$
อบต.ชาติตระการ	$y = 1.257x - 4.862$	$R^2 = 0.953$
อบต.ไร่ย่อย	$y = 1.116x - 4.857$	$R^2 = 0.927$
ทต.ทองแสนขัน	$y = 1.083x - 3.552$	$R^2 = 0.972$
อบต.วังแดง	$y = 1.042x - 4.258$	$R^2 = 0.907$
อบต.น้ำไคร้	$y = 0.960x - 2.977$	$R^2 = 0.955$
อบต.แม่พูล	$y = 1.423x - 6.860$	$R^2 = 0.927$
อบต.แสนตอ	$y = 0.806x - 4.629$	$R^2 = 0.743$
อบต.ท่าปลา	$y = 0.982x - 5.848$	$R^2 = 0.812$
อบต.บ้านเสี้ยว	$y = 0.888x - 3.495$	$R^2 = 0.966$
อบต.ม่วงเจ็ดต้น	$y = 0.710x - 5.047$	$R^2 = 0.833$
อบต.นาทะนุง	$y = 0.871x - 5.659$	$R^2 = 0.444$
อบต.ทีระเกษ	$y = 0.673x - 4.203$	$R^2 = 0.714$
อบต.ไหล่น่าน	$y = 1.019x - 3.472$	$R^2 = 0.965$
ทต.หนองแดง	$y = 0.519x - 3.086$	$R^2 = 0.840$
อบต.น้ำเกียน	$y = 1.320x - 3.360$	$R^2 = 0.958$
อบต.เปือ	$y = 1.806x - 5.984$	$R^2 = 0.971$

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์แบบพหุนามของปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM และปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน

Station	ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกัน แบบพหุนาม	
อบต.ห้วยพุก	$y = 0.022x^2 + 0.663x - 1.951$	$R^2 = 0.964$
อบต.หอไกร	$y = 0.018x^2 + 0.462x - 1.083$	$R^2 = 0.986$
อบต.วังหลุม	$y = 0.008x^2 + 0.959x - 3.698$	$R^2 = 0.938$
อบต.พุทธบาท	$y = 0.002x^2 + 1.059x - 3.412$	$R^2 = 0.956$
อบต.เขาเจ็ดลูก	$y = 0.023x^2 - 0.234x + 1.151$	$R^2 = 0.864$
อบต.วังโป่ง	$y = -0.008x^2 + 1.602x - 4.015$	$R^2 = 0.980$
อบต.วังทรายพูน	$y = -0.001x^2 + 1.181x - 4.221$	$R^2 = 0.931$
อบต.วังทับไทร	$y = 0.015x^2 + 0.333x - 1.271$	$R^2 = 0.988$
อบต.ป่ามะคาบ	$y = -0.006x^2 + 1.738x - 5.592$	$R^2 = 0.941$
อบต.หนองหญ้าไทร	$y = -0.003x^2 + 1.476x - 4.558$	$R^2 = 0.964$
อบต.บางกระทุ่ม	$y = 0.007x^2 + 0.861x - 2.825$	$R^2 = 0.972$
อบต.ชมพู่	$y = 0.022x^2 + 0.256x - 1.448$	$R^2 = 0.923$
อบต.ทุ่งสมอ	$y = 0.018x^2 + 0.104x - 0.592$	$R^2 = 0.861$
อบต.วังทอง	$y = -0.004x^2 + 1.546x - 4.610$	$R^2 = 0.936$
อบต.แก่งโสภา	$y = 0.010x^2 + 0.296x - 1.296$	$R^2 = 0.977$
ทต.นครไทย	$y = 0.003x^2 + 0.718x - 2.606$	$R^2 = 0.97$
อบต.หินลาด	$y = -0.005x^2 + 1.499x - 4.964$	$R^2 = 0.969$
อบต.ดงประคำ	$y = 0.011x^2 + 0.991x - 2.434$	$R^2 = 0.987$
อบต.ชาติตระการ	$y = 0.014x^2 + 0.681x - 1.959$	$R^2 = 0.981$
อบต.ไร่อ้อย	$y = 0.006x^2 + 0.715x - 2.384$	$R^2 = 0.950$
ทต.ทองแสนขัน	$y = 0.002x^2 + 0.960x - 2.806$	$R^2 = 0.975$
อบต.วังแดง	$y = 0.001x^2 + 0.931x - 3.586$	$R^2 = 0.909$
อบต.น้ำไคร้	$y = -0.000x^2 + 0.965x - 3.007$	$R^2 = 0.955$
อบต.แม่พุด	$y = 0.022x^2 + 0.425x - 1.673$	$R^2 = 0.985$
อบต.แสนตอ	$y = 0.027x^2 - 0.296x + 0.845$	$R^2 = 0.929$
อบต.ท่าปลา	$y = 0.027x^2 - 0.155x - 0.064$	$R^2 = 0.976$
อบต.บ้านเสี้ยว	$y = 0.006x^2 + 0.517x - 1.152$	$R^2 = 0.992$
อบต.วังเจ็ดต้น	$y = 0.007x^2 + 0.340x - 2.529$	$R^2 = 0.879$
อบต.นาทะนุง	$y = 0.033x^2 - 0.760x + 2.771$	$R^2 = 0.647$
อบต.ศิระเกษ	$y = 0.019x^2 - 0.290x + 0.776$	$R^2 = 0.905$
อบต.โหล่นาน	$y = 0.000x^2 + 0.999x - 3.362$	$R^2 = 0.965$
ทต.หนองแดง	$y = 0.009x^2 - 0.005x - 0.183$	$R^2 = 0.949$
อบต.น้ำเกียน	$y = -0.005x^2 + 1.613x - 4.771$	$R^2 = 0.968$
อบต.เปือ	$y = 0.006x^2 + 1.517x - 4.548$	$R^2 = 0.976$

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

1. เนื่องจากข้อมูลที่ต้องทำการศึกษานั้นมีจำนวนมาก แต่ระยะเวลาในการทำโครงการนี้ค่อนข้างน้อย จึงเลือกทำเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำน่านประเทศไทย ซึ่งมีทั้งหมด 49 สถานี แต่เมื่อทำการศึกษา กลับพบว่าข้อมูลของฝนภาคพื้นดินที่ผิดพลาดไปทั้งหมด 15 สถานี เนื่องจากค่าน้ำฝนใน 15 สถานีนั้น ค่าน้ำฝนนั้นมีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมด ซึ่งในความเป็นจริงแล้วนั้น มันเป็นไปได้ เนื่องจากในช่วงเวลาที่เราทำการศึกษานั้น คือ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - ตุลาคม พุทธศักราช 2553 เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน มันอยู่ในช่วงของฤดูฝน จึงมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะไม่มีฝนตกเลย ตลอดระยะเวลา 6 เดือนที่เก็บข้อมูล คงนั้นข้อมูลที่ได้น่าจะเกิดความผิดพลาด จึงทำการศึกษาต่อแก่อีก 34 สถานีที่เหลือ จากทั้งหมด 49 สถานีในบริเวณลุ่มน้ำน่าน ของประเทศไทย

2. จากลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM และข้อมูลจากสถานีภาคพื้นดิน จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของฝนมีค่ามากที่สุดในช่วง 0.00 – 5.00 มิลลิเมตร ทั้งจากข้อมูลของดาวเทียม TRMM ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60.74 % ของข้อมูลฝนทั้งหมดจากดาวเทียม TRMM และสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 78.13 % ของข้อมูลฝนทั้งหมดจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน จากค่าเปอร์เซ็นต์ของความถี่ฝนในช่วง 0.00 – 5.00 มิลลิเมตร ของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้น มีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ของดาวเทียม TRMM เป็นเพราะตำแหน่งของที่ตั้งเครื่องมือที่มีความสูงต่างกัน ซึ่งวงโคจรของดาวเทียม TRMM นั้นจะมีความสูงจากผิวโลก 367 x 385 กิโลเมตร แต่เครื่องมือวัดน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้นสูงมีความสูงจากผิวดินเพียงไม่กี่เมตรเท่านั้น ก็จะสรุปได้ว่า ดาวเทียม TRMM จะวัดปริมาณน้ำฝนในเมฆ แต่สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินจะวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาถึงพื้นดิน เช่น ถ้ามีฝนตก แต่ตกในชั้นของบรรยากาศ ซึ่งฝนตกไม่ถึงพื้นดิน ดาวเทียม TRMM ก็สามารถวัดปริมาณฝนได้ แต่สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินก็จะไม่สามารถวัดค่าได้ จึงมีค่าเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นค่าความถี่ของฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์เป็นส่วนใหญ่ และมีการกระจายตัวเล็กน้อยในช่วงค่าฝนอื่น ๆ ส่วนข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM นั้นจะมีค่ากระจายตัวไปในช่วงต่าง ๆ

3. จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินโดยตรง จากการหาเส้นแนวโน้มแบบเชิงเส้นของข้อมูล ทำให้ได้สมการเชิงเส้นและได้ค่า R^2 ออกมา ซึ่งค่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.000 - 0.121 นั่นก็หมายความว่าความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินนั้น ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

4. จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบสะสม (Cumulative Density Function, CDF) โดยทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ณ % CDF เดียวกันนั้น ซึ่งก็จะได้สมการแบบเชิงเส้นและแบบโพลิโนเมียล และค่า R^2 ของความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นและแบบโพลิโนเมียลออกมา ค่า R^2 ของความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.444 - 0.972 และค่า R^2 ของความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลมีค่าอยู่ระหว่าง 0.647 - 0.992 ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างฝนจากดาวเทียม TRMM กับฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินจะสามารถอธิบายได้ดีที่สุดด้วยความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียล



5.2 ข้อเสนอแนะ

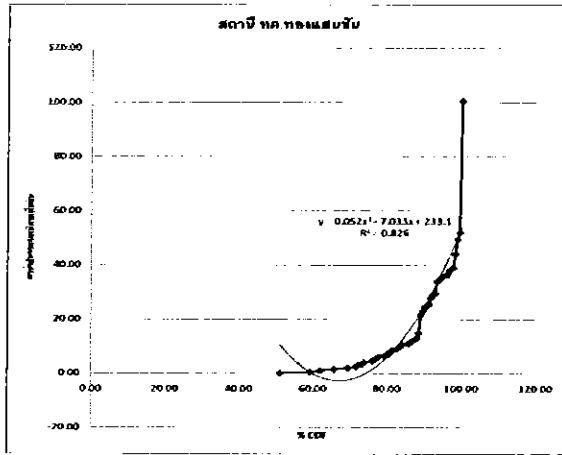
1. ปกติแล้วสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินในลุ่มน้ำน่าน ของประเทศไทย จะมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวนทั้งหมด 49 สถานี แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้มานั้น เกิดการผิดพลาดเป็นจำนวน 15 สถานี จึงเหลือสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่ทำการวิเคราะห์ได้ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 34 สถานี

ถ้าหากมีผู้ใดสนใจ ก็สามารถทำการตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมได้จากข้อมูลของสถานีที่เหลือ ก็จะทำให้การวิเคราะห์นี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

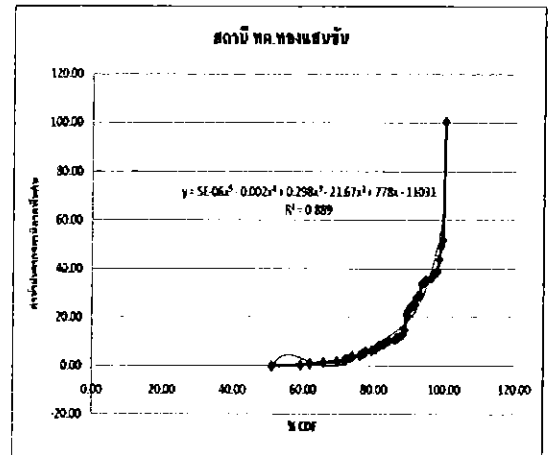
2. จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่ปรากฏออกมานั้นมีความสัมพันธ์กันน้อยมากหรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากมีข้อผิดพลาดตรงการหาค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ณ ตำแหน่งสถานีภาคพื้นดิน อาจจะเป็นเพราะเราใช้วิธีเทียบหาค่าน้ำฝนจากจุดใกล้เคียงกับจุดสถานีภาคพื้นดินนั้นมากที่สุด เป็นค่าดาวฝนจากดาวเทียม TRMM ณ จุดสถานีนั้นเลย ข้อมูลที่ได้ออกมาจึงมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

ดังนั้นหากผู้ใดมีความสนใจที่จะทำการศึกษาต่อ ก็สามารถนำโครงการเล่มนี้ไปใช้เป็นแนวทางได้ โดยอาจจะหาทางวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน ณ จุดสถานีนั้นโดยวิธีอื่น ๆ เช่น วิธี Kriging Interpolation , IDW ซึ่งเป็นฟังก์ชันอยู่ในโปรแกรม ArcGIS ก็ได้ เป็นต้น

3. จากกราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนที่ได้จากดาวเทียม TRMM และกราฟระหว่าง % CDF กับปริมาณฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน จะสังเกตเห็นว่า บางกราฟนั้นแกนของค่าปริมาณน้ำฝนมีค่าติดลบ ซึ่งในทางปฏิบัติไม่มีทางเป็นไปได้ จากกราฟที่วิเคราะห์ออกมา ใช้ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลกำลังสอง แต่ถ้าใช้ความสัมพันธ์แบบโพลีโนเมียลเหมือนเดิม แต่มีเลขกำลังมากขึ้น เช่น โดยการวิเคราะห์โดยอาศัยกำลังห้า เป็นต้น เมื่อขยายกราฟให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะไม่พบค่าปริมาณน้ำฝนที่ติดลบ ถึงแกนจะยังมีค่าติดลบอยู่ก็ตาม และจะเห็นว่า ค่า R^2 นั้นมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 5.1



1.) เส้นแนวโน้มของความสัมพันธ์
แบบโพลิโนเมียลกำลังสอง



2.) เส้นแนวโน้มของความสัมพันธ์
แบบโพลิโนเมียลกำลังห้า

รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบลักษณะของเส้นแนวโน้มของความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียล



เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ ชัยธรรม. (2528). อุตภวิทยา. ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ประสิทธิ์ ทิมพุดิ. (2549). การใช้ประโยชน์จากควาเทียม TRMM. กรุงเทพฯ :
สำนักพิมพ์ดอกหญ้ากรู๊ป



ภาคผนวก ก

ตารางความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝน
จากดาวเทียม TRMM

(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)



ภาคผนวก ข**ตารางความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝน
จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน****(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)**

ภาคผนวก ก

**เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลฝนจากดาวเทียม TRMM และ
จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน**

(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)



ภาคผนวก ง

ค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM ที่อ่านได้ ณ จุดสถานีภาคพื้นดิน

(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)



ภาคผนวก จ

% CDF กับค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM

(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)



ภาคผนวก ฉ

% CDF กับค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)



ภาคผนวก ช

**ค่าน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM และค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน
ที่ %CDF เดียวกัน**

(ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในแผ่น CD)



ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นางสาวปิยารัตน์ กลิ่นสุคนธ์ทิพย์
 ภูมิลำเนา 83 ถนนรณกิจ ตำบลหล่มสัก อำเภอหล่มสัก
 จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหล่มสักวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Chokgolate_rut@hotmail.com



ชื่อ นายณรฤช เมธีสกุลวงศ์
 ภูมิลำเนา 68/4 หมู่ 4 ตำบลยางซ้าย อำเภอเมือง
 จังหวัดสุโขทัย 64000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Onisuka_romio@hotmail.com