

บทที่ 6

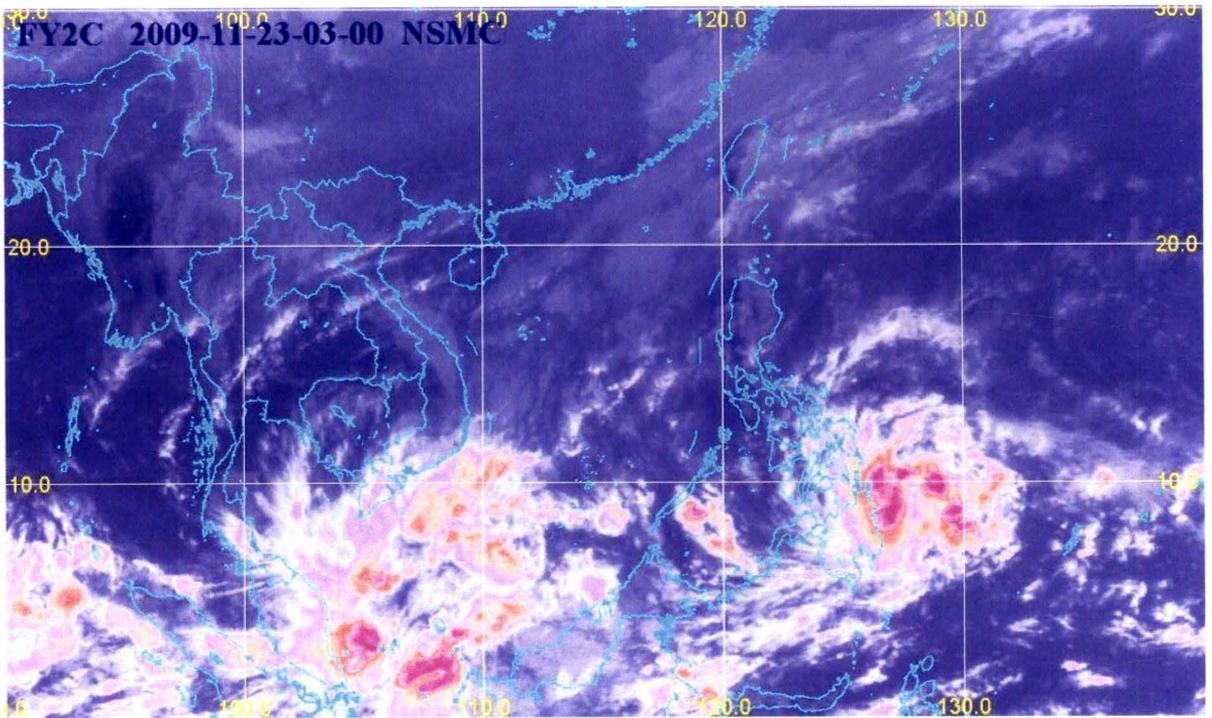
แบบจำลองการประเมินปริมาณน้ำฝนด้วยภาพถ่ายดาวเทียม

6.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) สามารถให้ข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบและนำไปประยุกต์ใช้กับงานในหลายๆ ด้านได้ เช่น การทำนายสภาพภูมิอากาศ การเฝ้าระวังและเตือนภัย หรือ การเกษตร เป็นต้น และโดยทั่วไปข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศนั้น ก็มาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมักใช้ค่าในย่าน Infrared และ Visible โดยที่ภาพถ่ายแต่ละประเภทนั้น ให้มุมมองของโลก สภาพภูมิอากาศ และมหาสมุทรที่แตกต่างกัน ดังนั้นนักวิจัยจะอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายทั้งสองประเภทร่วมกัน เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ และการเกิดผลกระทบซึ่งกันและกัน ระหว่างพื้นโลก ชั้นบรรยากาศ และมหาสมุทร

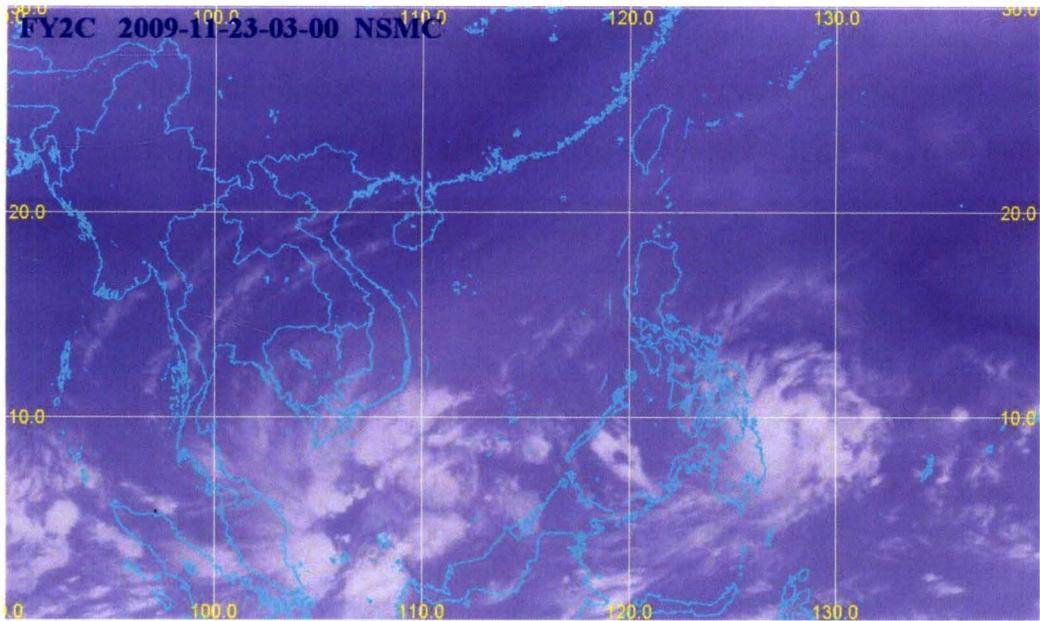
6.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในย่าน Infrared (Infrared Satellite Imagery)

ข้อมูลภาพถ่ายจากตัวตรวจจับคลื่นย่านอินฟราเรด (Infrared Sensor) ซึ่งติดตั้งอยู่บนดาวเทียมจะได้จากการวัดปริมาณพลังงานอินฟราเรด (Infrared Energy) หรือรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากพื้นโลกและชั้นบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นผิวต่างๆ ดังนั้นข้อมูลภาพถ่าย Infrared (IR) จึงใช้ในการสังเกตคุณสมบัติทางอุณหภูมิของพื้นโลกและชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำหรือเย็นกว่า เช่น เมฆระดับสูง ภูเขา พื้นดินในเวลากลางคืน จะมีสีขาวหรือเทาอ่อน ในขณะที่สีดำหรือเทาเข้มจะหมายถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า เช่น เมฆระดับต่ำ พื้นดินในเวลากลางวัน ดังเพื่อให้การตีความมีความง่ายยิ่งขึ้น มักมีการเติมสีต่างๆ ลงไปในภาพโดยการกำหนดตารางสี (Color Table) ซึ่งรูปแบบสีที่นิยมนั้นจะใช้แถบสีเทาหรือโทนสีเข้มสำหรับบริเวณอุณหภูมิสูง ตามด้วยโทนสีสว่างหรือสีที่สดใส (Vibrant) กว่าแทนอุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้สามารถตีความภาพได้ง่ายขึ้นว่าบริเวณใดเป็นเมฆระดับต่ำ พื้นดิน หมอก หรือเป็นบริเวณที่มีเมฆระดับสูง ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 ข้อมูลภาพถ่าย Infrared ที่มีการเติมสีจากดาวเทียม FY-2C

นอกจากนั้นในช่วงความยาวคลื่นหนึ่งย่าน Infrared พลังงานที่แผ่ออกมาจากผิวโลกและชั้นบรรยากาศจะถูกดูดกลืนโดยเมฆและละอองน้ำ (Water Vapor) ในขณะที่ความยาวคลื่นอื่นๆ จะไม่ถูกดูดกลืนพลังงาน แต่จะส่งผ่านพลังงานไปในชั้นบรรยากาศ ตัวตรวจจับคลื่นย่านอินฟราเรดส่วนมากจะอาศัยคุณสมบัติการส่งผ่านพลังงานไปในชั้นบรรยากาศเพื่อตรวจจับความร้อนที่แผ่ออกจากพื้นผิวต่างๆ อย่างไรก็ตามตัวตรวจจับคลื่นบางตัวบนดาวเทียมจะสามารถทำการตรวจจับการดูดกลืนพลังงานของอนุภาคในชั้นบรรยากาศในช่วงความยาวคลื่นเฉพาะได้ ซึ่งจะไม่ถูกรบกวนจากคุณลักษณะของพื้นผิวต่างๆ ช่วงความยาวคลื่นที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ตามแนวคิดนี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 6.3-7.6 μm ซึ่งจะถูกดูดกลืนพลังงานโดยละอองน้ำในชั้นบรรยากาศ ภาพถ่ายในช่วงความยาวคลื่นนี้จะใช้ระบุบริเวณที่มีความหนาแน่นของไอน้ำหรือหยดน้ำในชั้น Troposphere ระดับกลางถึงระดับบน ซึ่งสำคัญที่สุดต่อสภาพอากาศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการก่อตัวและขยายตัวของพายุฝน โดยปกติบริเวณที่เป็นสีเข้มในข้อมูลภาพถ่าย Water Vapor (WV) จะหมายถึงพื้นที่ซึ่งมีไอน้ำอยู่ค่อนข้างน้อย และบริเวณที่เป็นสีอ่อนกว่า จะหมายถึงบริเวณที่มีไอน้ำอยู่มากหรือมีความชื้นสูง ดังแสดงในรูปที่ 6-2 ข้อมูลภาพถ่ายประเภทนี้เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์และพยากรณ์อากาศอย่างมาก เนื่องจากทำให้นักอุตุนิยมวิทยาสามารถทราบค่าความชื้นในชั้นบรรยากาศนอกเหนือจากอุณหภูมิยอดเมฆ และสามารถสังเกตรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้ แม้ว่าจะยังไม่พบเห็นกลุ่มเมฆก็ตาม



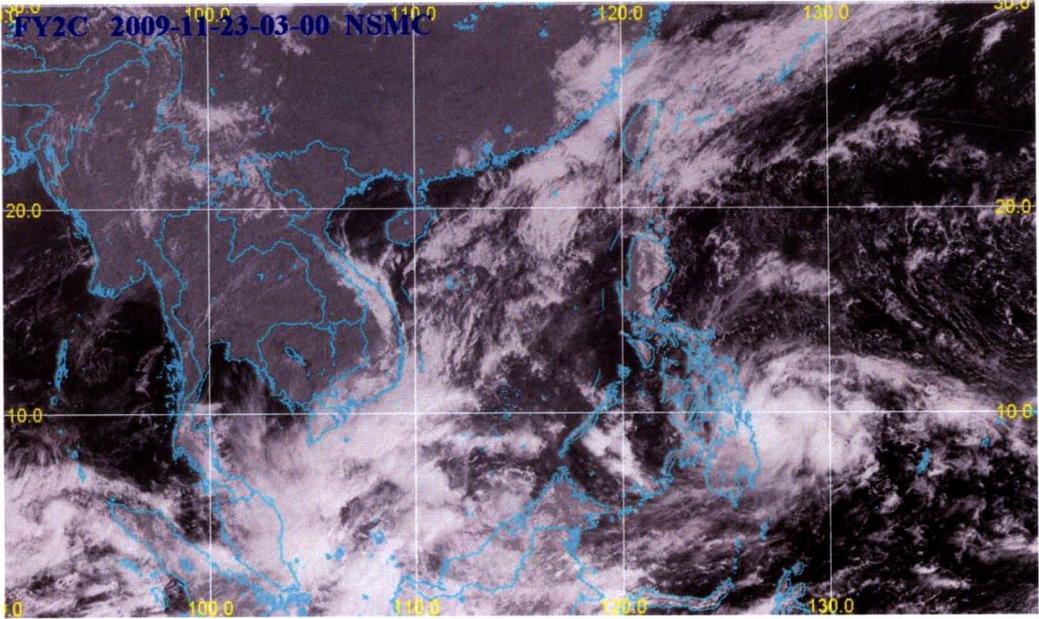
รูปที่ 6-2 ข้อมูลภาพถ่าย Water Vapor จากดาวเทียม FY-2C

โดยทั่วไปข้อมูลภาพถ่าย IR แบบขาวดำ (Gray Scale) จะมีระดับสีทั้งหมด 256 ระดับ จากสีขาว (อุณหภูมิต่ำสุด) ถึงสีดำ (อุณหภูมิสูงสุด) โดยข้อมูลของระดับสีจะมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นกับค่าของอุณหภูมิ ดังนั้นลักษณะของข้อมูลภาพถ่าย IR จึงเสมือนเป็นการวัดอุณหภูมิในรูปของความสว่างหรือ Brightness Temperature (BT) ซึ่งต่างกับข้อมูลภาพถ่าย Visible ที่เป็นการวัดการสะท้อนแสงของวัตถุ ดังนั้นข้อมูลภาพถ่าย IR จึงถูกเลือกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือนำไปประยุกต์ใช้ต่อมากกว่าข้อมูลภาพถ่าย Visible เพราะไม่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ จึงไม่ถูกจำกัดในเวลากลางวัน นักพยากรณ์อากาศจึงสามารถติดตามการเดินทางของพายุต่างๆ ได้ตลอดช่วงเวลา รวมทั้งยังสามารถใช้ในการแยกแยะลักษณะและความแตกต่างระหว่างบริเวณพื้นดินกับพื้นน้ำจากอุณหภูมิที่ตรวจจับได้อีกด้วย นอกจากนี้ข้อมูลภาพถ่าย IR ยังดูได้ง่ายกว่าข้อมูลภาพถ่าย Visible เนื่องจากค่าของอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นผิวต่างๆ

6.1.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในย่าน Visible (Visible Satellite Imagery)

ข้อมูลภาพถ่ายในย่าน Visible จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับพลังงานจากรังสีของดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่สะท้อนจากผิวโลกไปยังตัวตรวจจับคลื่นในย่าน Visible บนดาวเทียม โดยทั่วไปแล้วข้อมูลภาพถ่าย Visible จะถูกใช้เพื่อประมาณค่า Earth's Albedo ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์รังสีของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากผิวโลก ดังนั้นโทนสีสว่างในข้อมูลภาพถ่าย Visible จึงแทนบริเวณพื้นที่ที่มีการสะท้อนของรังสีมาก และโทนสีเข้มในภาพถ่ายจึงหมายถึงบริเวณที่มีการสะท้อนของรังสีน้อย เนื่องจากปริมาณการสะท้อนรังสีแตกต่างกันตามคุณลักษณะของผิวโลกหรือชั้นบรรยากาศ จึงทำให้ข้อมูลภาพถ่าย Visible สามารถบอกความแตกต่างของแต่ละบริเวณได้ ตัวอย่างเช่น บริเวณที่มีกลุ่มเมฆหนาหรือขนาดใหญ่จะมีคุณสมบัติการสะท้อนรังสีมาก ซึ่งในข้อมูลภาพถ่าย Visible จะปรากฏเป็นสีขาว

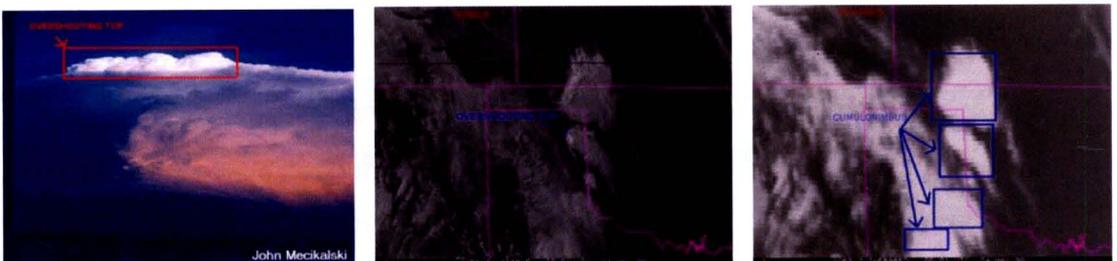
ในขณะที่บริเวณที่มีเมฆบางจะปรากฏเป็นสีเทาอ่อน หรือในบริเวณมหาสมุทรที่มีการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์น้อยที่สุดจะปรากฏเป็นสีเทาเข้มหรือสีดำ รวมทั้งในส่วนของบริเวณพื้นดินก็จะถูกแยกความแตกต่างตามลักษณะของพื้นผิวด้วยเปอร์เซ็นต์ Albedo ได้เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 6-3



รูปที่ 6-3 ข้อมูลภาพถ่าย Visible จากดาวเทียม FY-2C

6.2 การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพื่อประมาณปริมาณน้ำฝน

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถบอกถึงลักษณะของเมฆประเภทต่างๆ ได้ เช่น เมฆประเภท Cumulonimbus ที่เป็นเมฆที่ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ซึ่งจะก่อตัวขึ้นจากความชื้นในชั้นบรรยากาศเมื่อกระทบกับความเย็น และลอยตัวขึ้นเนื่องจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยสามารถเห็นเมฆประเภทนี้ได้จากข้อมูลภาพถ่าย Visible ที่สามารถบอกระดับความสูงของกลุ่มเมฆได้ และข้อมูลภาพถ่าย Infrared ที่บอกอุณหภูมิยอดเมฆของกลุ่มเมฆได้ ซึ่งในข้อมูลภาพถ่ายทั้งสองชนิดนั้นจะเห็นเป็นพื้นที่สีขาวสว่างมาก เนื่องจากลอยตัวอยู่ในระดับสูงและมีอุณหภูมิต่ำมาก ดังแสดงในรูปที่ 6-4



(ก) มองด้วยตาเปล่า

(ข) ภาพ Visible

(ค) ภาพ Infrared

รูปที่ 6-4 ภาพถ่ายเมฆประเภท Cumulonimbus ที่มองด้วยตาเปล่า ภาพ Visible และภาพ IR

เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับเมฆประเภทต่างๆ และจากการที่สามารถใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมศึกษาลักษณะของเมฆได้ จึงทำให้สามารถนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้เพื่อพยากรณ์การเกิดพายุฝนแบบต่างๆ รวมทั้งประมาณปริมาณน้ำฝนที่จะตกได้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝน และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อประมาณปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยตรง และจากการศึกษางานวิจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยาหลายๆ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าค่าอุณหภูมิยอดเมฆ (Cloud Top Temperature: CTT) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาแนวทางเพื่อคำนวณค่า CTT จากข้อมูลภาพถ่าย Visible และข้อมูลภาพถ่าย Infrared แต่งานวิจัยระยะหลังนำเสนอว่าข้อมูลภาพถ่าย Infrared ให้ความถูกต้องแม่นยำในการประมาณปริมาณน้ำฝนได้ดีกว่าข้อมูลภาพถ่าย Visible และยังมีการใช้เทคนิคการตรวจจับระยะไกลด้วยคลื่นไมโครเวฟ (MW Remote Sensing) โดยการติดตั้งตัวตรวจจับคลื่นแบบ Passive MW Radiometry บนดาวเทียม ซึ่งสามารถให้ข้อมูลโดยตรงเกี่ยวกับเมฆและฝนในอีกมิติหนึ่งได้อีกด้วย คณะผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลโครงการต่างๆ ที่ได้นำข้อมูลดาวเทียมมาประมาณปริมาณน้ำฝน และจัดสร้างเป็นแผนที่แสดงปริมาณน้ำฝน (Rainfall Map) ในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อในงานที่เกี่ยวข้องต่อไป เช่น ด้านเกษตรกรรม การทำนายภัยแล้ง-อุทกภัย การเฝ้าระวังและการเตือนภัย เป็นต้น

จากการศึกษาบทความเรื่อง “The Rainfall Estimation Using Remote Sensing in Thailand” ของ ดร.ปริยาพร โกษา และ รศ.ดร.กอบเกียรติ ผ่องพุดมี ที่มีแนวคิดในการศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากมาตรวัดน้ำฝนตามสถานีวัดอากาศต่างๆ ซึ่งมีข้อดีในการเก็บข้อมูลเชิงเวลา (Temporal Resolution) ร่วมกับการใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม (Remote Sensing) ซึ่งมีข้อดีในการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) โดยศึกษาจากข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดในย่านอินฟราเรด (Infrared Sensor) ที่สามารถตรวจจับขนาดของก้อนเมฆ ระดับความสูง และแปลความหมายให้อยู่ในรูปแบบของอุณหภูมิยอดเมฆ ดังแสดงในตารางที่ 6-1 ซึ่งเมื่อรวมข้อมูลทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์และสร้างเป็นแบบจำลองประมาณปริมาณฝนที่คาดว่าจะตก (ในบริเวณและช่วงเวลาการศึกษา) ได้ด้วยสมการ

$$P = aT^b \tag{6-1}$$

เมื่อ P = ปริมาณน้ำฝนที่คาดว่าจะตก
 T = อุณหภูมิยอดเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

a และ b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิยอดเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและปริมาณน้ำฝนที่ได้จากมาตรวัดน้ำฝน

ตารางที่ 6-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเมฆและอุณหภูมิ

ความสูงของเมฆ (เมตร)	อุณหภูมิ (° C)
0	15
1,250	8
2,500	-1
3,750	-6
5,000	-13
6,250	-24
7,500	-34
8,750	-41
10,000	-50
11,250	-57

ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาด้วยแนวทางดังกล่าวในประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Regression) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ แสดงดังตารางที่ 6-2 โดยจะเห็นได้ว่ามีความแม่นยำค่อนข้างสูง ซึ่งคณะผู้วิจัยคาดว่าจะนำแนวทางดังกล่าวนี้ไปศึกษา และวิเคราะห์เพิ่มเติมในการประยุกต์ใช้เพื่อจัดทำแผนที่ปริมาณน้ำฝนที่มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

ตารางที่ 6-2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

พื้นที่	ช่วงเวลา	ความสัมพันธ์ที่ได้	R2
ภาคเหนือ	ฤดูแล้ง (03/93-05/93)	$P = 4.3932 \times 10^{58} T - 24.80$	0.97
	ฤดูฝน (08/94-09/94)	$P = 1.8462 \times 10^{22} T - 8.93$	0.62
ภาคเหนือ	ตลอดปี (01/94-12/94)	$P = 1.1102 \times 10^{13} T - 4.8288$	0.71
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		$P = 4.4905 \times 10^{10} T - 3.8012$	0.73
ภาคตะวันออก		$P = 5.2384 \times 10^{12} T - 4.6683$	0.70
ภาคใต้		$P = 2.4916 \times 10^{58} T - 4.0840$	0.71

6.3 การศึกษาและการสังเคราะห์ข้อมูลดิบจากดาวเทียม FY-2C

จากการที่คณะผู้วิจัยได้รับข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา FengYun-2C (FY-2C) ผ่านระบบ DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite) โดยตรงจากสาธารณรัฐประชาชนจีน และได้ทำการจัดเก็บข้อมูลตั้งแต่วันแรกที่ได้ทำการติดตั้งระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ทำให้มีข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จัดเก็บไว้เป็น

จำนวนมาก ประกอบกับซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของทางสาธารณสุขประชาชนจีนที่ได้รับมานั้นสามารถประมวลผลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ออกมา เช่น Cloud Cluster Area, Tropical Storm Tracker, Precipitation Estimate, Sea Surface Temperature เป็นต้น อย่างไรก็ตามการประมวลผลที่เกิดขึ้นนั้นทางคณะผู้วิจัยไม่ทราบถึงวิธีการหรือขั้นตอนการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นรูปแบบของแบบจำลอง (Model) ที่ใช้ในการประมวลผลของซอฟต์แวร์ที่ได้รับมาจากทางสาธารณสุขประชาชนจีนนั้นเป็นรูปแบบที่ได้จากการอ้างอิงและทำการทดสอบในพื้นที่ของประเทศจีนเอง ซึ่งหากนำผลิตภัณฑ์ที่สร้างจากซอฟต์แวร์ดังกล่าวมาใช้กับประเทศไทยโดยตรงจะมีความผิดพลาดสูง และเพื่อเป็นการขยายองค์ความรู้ทางด้านข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมิวิทยา คณะผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้รับมาโดยตรงนั้นมาทำการศึกษาคัดแยกองค์ประกอบข้อมูลต่างๆ และนำมาทดสอบเพื่อใช้ในศึกษาการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร หรือการเฝ้าระวังภัยพิบัติต่างๆ เป็นต้น

6.3.1 ลักษณะจำเพาะของดาวเทียม FY-2C

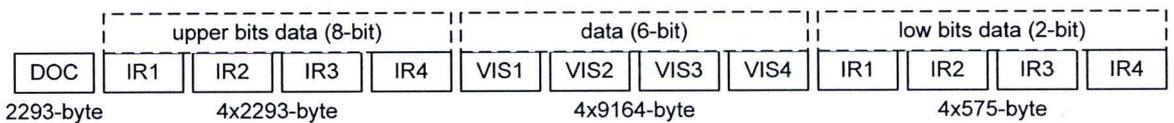
เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมิวิทยา FY-2C ซึ่งแสดงในตารางที่ 6-3 จะพบว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมิวิทยาที่มีอยู่นั้น มีรูปแบบข้อมูลภาพถ่ายทั้งสองประเภทที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่แล้ว ทั้งข้อมูลภาพถ่าย Infrared ในช่องที่ 1, 2 (IR1, IR2) ซึ่งใช้หาข้อมูลอุณหภูมิยอดเมฆจากเมฆระดับสูง และช่องที่ 3 (IR3) ซึ่งเป็นข้อมูลภาพถ่าย Water Vapor ที่ใช้หาความชื้นในชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลช่องที่ 4 (IR4) ซึ่งใช้ในการระบุเมฆระดับต่ำและตรวจจับไฟป่าได้ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลภาพถ่าย Visible ในช่องที่ 5 (VIS) ซึ่งสามารถใช้ศึกษาลักษณะของเมฆและผิวโลกจากการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ศึกษาวิจัยทางด้านอุตุนิยมิวิทยาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในด้านต่างๆ ต่อไปนี้ ซึ่งในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากมาตรวัดน้ำฝน (Rain Gauge)

ตารางที่ 6-3 ข้อมูลลักษณะจำเพาะของดาวเทียม FY-2C

No.	Channel ID	Channel Name	Wave Length (μm)	Spatial Resolution (km)
1	IR1	Long Wave Infrared	10.3 – 11.3	5
2	IR2	Split Window	11.5 – 12.5	5
3	IR3	Water Vapor	6.5 – 7.0	5
4	IR4	Medium Wave Infrared	3.5 – 4.0	5
5	VIS	Visible	0.55 – 0.90	1.25

6.3.2 โครงสร้างข้อมูลของดาวเทียม FY-2C

รูปแบบการส่งข้อมูลของดาวเทียม FY-2C มีรูปแบบตามมาตรฐาน S-VISSR2.0 ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาจากมาตรฐาน S-VISSR (Stretched – Visible Infrared Spin Scan Radiometer) ที่ถูกใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการส่งข้อมูลของดาวเทียม FY-2B และถูกใช้เป็นมาตรฐานรูปแบบการส่งข้อมูลของดาวเทียมตระกูล FY-2 (FY-2C, FY-2D, FY-2E) ลงมายังสถานีภาคพื้นดิน แต่จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยพบว่าข้อมูลดิบที่รับได้จากระบบ DVB-S เป็นข้อมูลที่บางส่วนถูกตัดออกไป เช่น ข้อมูลการเข้าจังหวะ (Synchronization) ข้อมูลตรวจจับความผิดพลาดของข้อมูล (CRC) เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม FY-2C ยังมีจำนวนเส้นข้อมูลต่อภาพถ่ายจำนวน 2,292 เส้น (Line) ทำให้ข้อมูลดิบของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมถูกแบ่งออกเป็น 2,292 กลุ่มตามจำนวนเส้นของภาพถ่าย ดังรูปที่ 6-5 โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเชกเตอร์ต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 6-5 โครงสร้างข้อมูลในแต่ละเส้นของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม FY-2C

- เชกเตอร์ Documentation เป็นข้อมูลรายละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมมีขนาด 2,293 ไบต์ ดังรูปที่ 6-6 ข้อมูลส่วนนี้ประกอบไปด้วย 10 ส่วนดังนี้

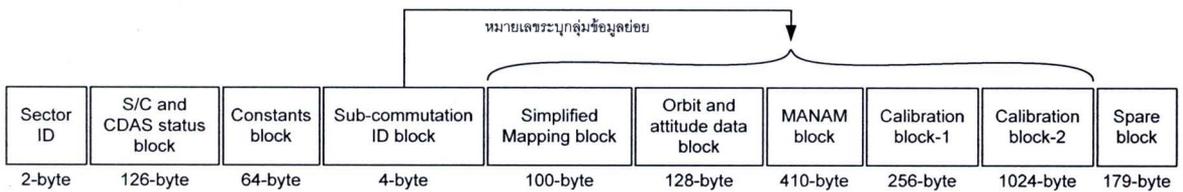
- 1) บล็อก Sector ID เป็นส่วนระบุว่าเชกเตอร์นี้คือ เชกเตอร์ Documentation
- 2) บล็อก S/C and CDAS status ประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นในการประมวลผลผลิตภัณฑ์ เช่น หมายเลขของเส้น เวลาที่ทำการถ่ายภาพของแต่ละเส้น เป็นต้น
- 3) บล็อก Constant เป็นข้อมูลค่าคงที่ต่างๆ เช่น รัศมีโลก ความสูงของดาวเทียมจากพื้นดิน พิกัดเส้นรุ้ง/เส้นแวง เป็นต้น
- 4) บล็อก Sub-commutation ID เป็นหมายเลขที่ใช้ระบุข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีการตัดแบ่งกระจายในหลายๆ เส้น เช่น บล็อก Simplified Mapping บล็อก MANAM เป็นต้น
- 5) บล็อก Simplified Mmapping เป็นข้อมูลแปลงระหว่างพิกัดทางภูมิศาสตร์กับจุดของภาพถ่ายดาวเทียมมีการตัดแบ่งเป็นข้อมูลย่อยกระจายไปในเส้นต่างๆ มีหมายเลข Sub-commutation ID ระบุตำแหน่ง
- 6) บล็อก Orbit and Attitude data เป็นข้อมูลที่ระบุตำแหน่งการโคจรและมุมของดาวเทียม เพื่อใช้ระบุตำแหน่งของจุดภาพที่แม่นยำมากขึ้นมีการตัดแบ่งเป็นข้อมูลย่อยกระจายไปในเส้นต่างๆ เช่นกัน

7) บล็อก MANAM เป็นข้อมูลตารางแผนการล่วงหน้าในหนึ่งสัปดาห์ที่ดาวเทียมจะทำการส่งข้อมูลภาพถ่ายลงมายังภาคพื้นดินมีการปรับปรุงทุกสัปดาห์ มีการตัดแบ่งเป็นข้อมูลย่อยกระจายไปในเส้นต่างๆ

8) บล็อก Calibration 1 เป็นตารางการเทียบค่าของ Sensor ต่างๆ แบบย่อมีการตัดแบ่งเป็นข้อมูลย่อยกระจายไปในเส้นต่างๆ

9) บล็อก Calibration 2 เป็นตารางการเทียบค่าของ Sensor ต่างๆ แบบเต็มมีการตัดแบ่งเป็นข้อมูลย่อยกระจายไปในเส้นต่างๆ

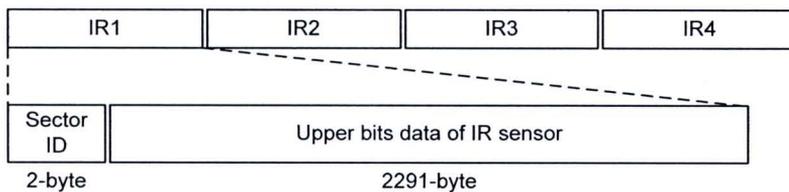
10) บล็อก Spare ส่วนเติมเต็มให้เซกเตอร์ Documentation มีขนาด 2,293 ไบต์



รูปที่ 6-6 โครงสร้างข้อมูลในเซกเตอร์ Documentation

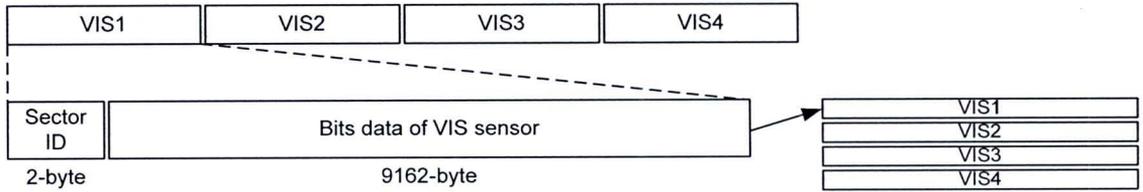
- เซกเตอร์ข้อมูลจาก Sensor แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1) ข้อมูลส่วน 8 บิตที่มีนัยสำคัญสูงจาก Infrared Sensor (IR 1-4) ข้อมูลในแต่ละส่วนเป็นข้อมูลจาก Sensor แต่ละตัว และประกอบด้วยข้อมูลในหนึ่งเส้นของภาพถ่ายจำนวน 2,291 จุดภาพ โดยแต่ละจุดภาพแทนค่าด้วยค่าตัวเลขขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถแทนค่าระดับสีได้ 256 ระดับ (0-255) ดังรูปที่ 6-7



รูปที่ 6-7 โครงสร้างข้อมูลส่วน 8 บิตนัยสำคัญสูงจาก Infrared Sensor

2) ข้อมูลจาก Visible Sensor ประกอบด้วยข้อมูล 4 ส่วนย่อย คือ VIS1 VIS2 VIS3 และ VIS4 โดยแต่ละส่วนย่อยประกอบด้วยข้อมูลในหนึ่งเส้นของภาพถ่ายจำนวน 9,162 จุดภาพ โดยแต่ละจุดภาพแทนค่าด้วยค่าตัวเลขขนาด 6 บิต สามารถแทนค่าระดับสีได้ 64 ระดับ (0-63) ดังรูปที่ 6-8



รูปที่ 6-8 โครงสร้างข้อมูลจาก Visible Sensor

3) ข้อมูลส่วน 2 บิตที่มีนัยสำคัญต่ำจาก Infrared Sensor (IR 1-4)

ข้อมูลในแต่ละส่วนเป็นข้อมูลจาก Sensor แต่ละตัว และประกอบด้วยข้อมูลในหนึ่งเส้นของภาพถ่ายจำนวน 2,291 จุดภาพ โดยแต่ละจุดภาพแทนค่าด้วยค่าตัวเลขขนาด 2 บิต ข้อมูลในส่วนนี้เป็นส่วนเติมเต็มกับข้อมูลส่วนที่ 1) เพื่อให้ข้อมูลมีขนาด 10 บิต ซึ่งช่วยให้ข้อมูลภาพถ่าย Infrared มีความละเอียดสูงขึ้น เนื่องจากสามารถแทนค่าระดับสีได้ถึง 1,024 ระดับ (0-1,023) ดังรูปที่ 6-9

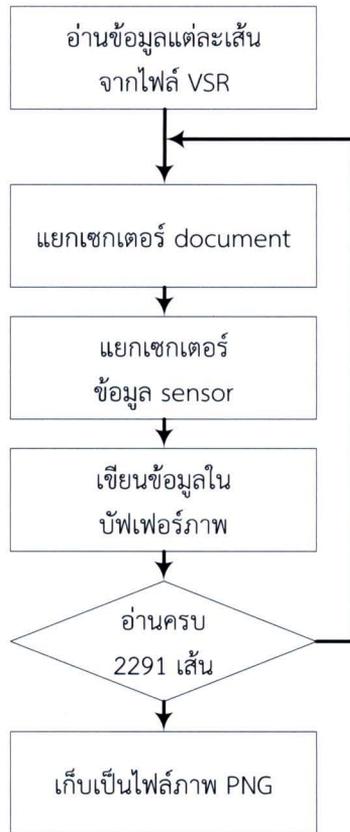


รูปที่ 6-9 โครงสร้างข้อมูลส่วน 2 บิตที่มีนัยสำคัญต่ำจาก Infrared Sensor

6.3.3 การแยกข้อมูลภาพถ่ายออกจากข้อมูลดิบ

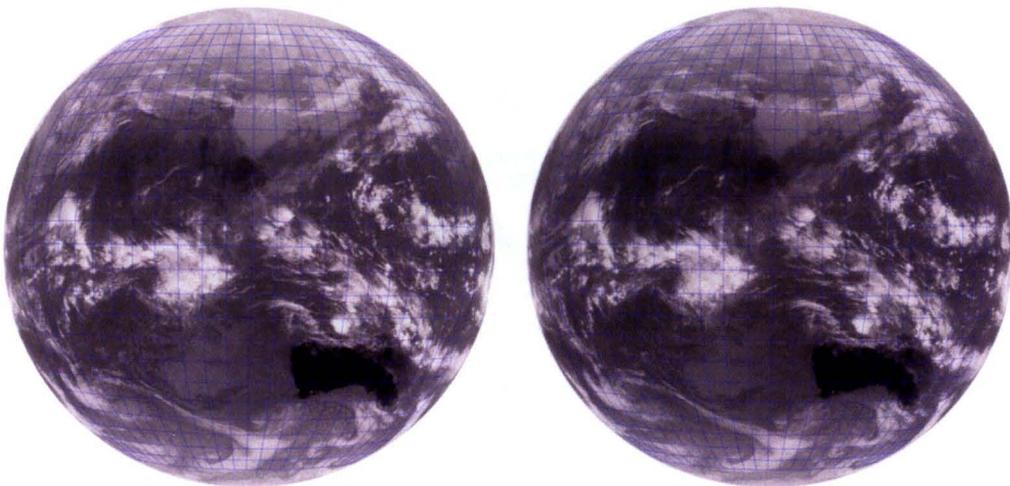
คณะผู้วิจัยได้พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแยกข้อมูลภาพขึ้นมา เพื่อใช้ในการศึกษาและเป็นตัวอย่างการแยกข้อมูลภาพถ่ายของแต่ละ Sensor ออกจากไฟล์ข้อมูลดิบ (VSR) และจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์ภาพชนิด PNG ข้อมูลภาพถ่ายจาก Infrared Sensor มีขนาดภาพเท่ากับ 2,291×2,292 จุด และข้อมูลภาพถ่ายจาก Visible Sensor มีขนาดภาพเท่ากับ 9,164×9,168 จุด เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายจาก Visible Sensor หนึ่งภาพนั้นจะมีด้วยกันอยู่ 4 ส่วนย่อย (VIS 1-4) จึงทำให้มีขนาดเป็น 4 เท่าของข้อมูลภาพถ่ายจาก Infrared Sensor และทำให้มีความละเอียดของจุดภาพ (Spatial Resolution) อยู่ที่ 1.25 ก.ม.

กระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 6-10 เริ่มต้นจากการนำไฟล์ข้อมูลดิบภาพถ่ายดาวเทียม FY-2C ที่ถูกจัดเก็บไว้มาทำการอ่านทีละเส้นและแยกข้อมูลในส่วนของแต่ละ เซกเตอร์ Documentation และเซกเตอร์ข้อมูลจาก Sensor ออกจากกัน จากนั้นจะนำข้อมูลในส่วนเซกเตอร์ข้อมูลจาก Sensor มาจัดเก็บไว้ในบัพเฟอร์ภาพ และเมื่อทำการอ่านข้อมูลครบทั้ง 2,291 เส้น จึงจะทำการจัดเก็บข้อมูลในบัพเฟอร์ภาพในรูปแบบของไฟล์ภาพ PNG

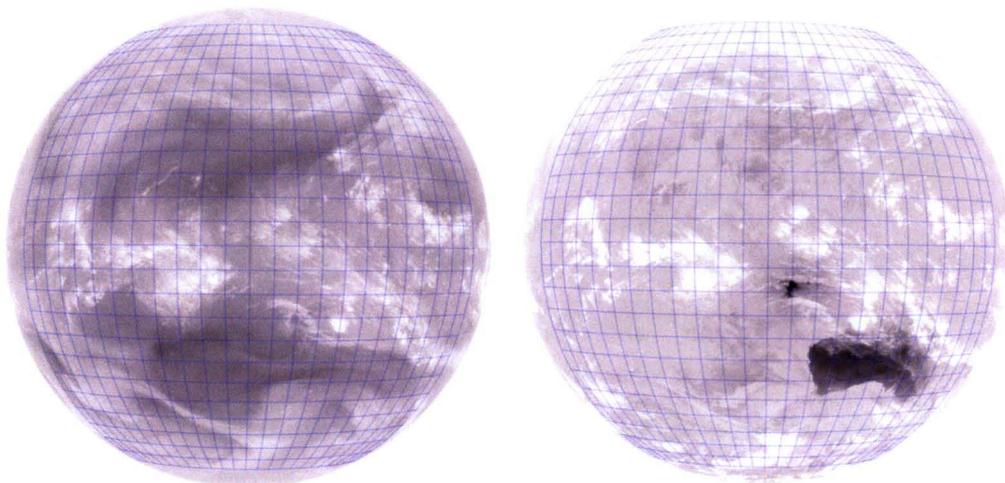


รูปที่ 6-10 แผนภาพการทำงานของซอฟต์แวร์ตัวอย่างการแยกข้อมูลภาพถ่ายจากไฟล์ข้อมูลดิบ

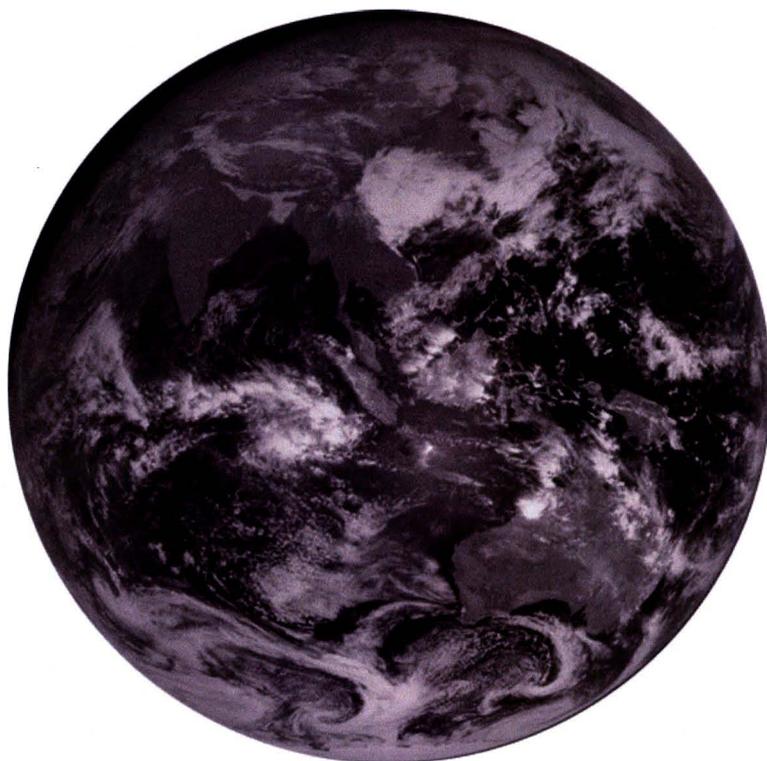
รูปที่ 6-11 ถึง 6-13 เป็นผลลัพธ์จากการแยกข้อมูลภาพถ่ายและจัดเก็บเป็นไฟล์ภาพ PNG ของภาพถ่ายจาก Sensor IR1 IR2 IR3 และ IR4 จะมีการวาดพิกัดเส้นรุ้ง-เส้นแวงที่ได้จากตารางการแปลงพิกัดและจุดภาพซึ่งอยู่ในบล็อก Simplified Mapping ของส่วนเซกเตอร์ Documentation



รูปที่ 6-11 ภาพจาก Sensor IR1 และ IR2 ที่ได้จากการแยกข้อมูลออกจากข้อมูลดิบ



รูปที่ 6-12 ภาพจาก Sensor IR3 และ IR4 ที่ได้จากแยกข้อมูลออกจากข้อมูลดิบ



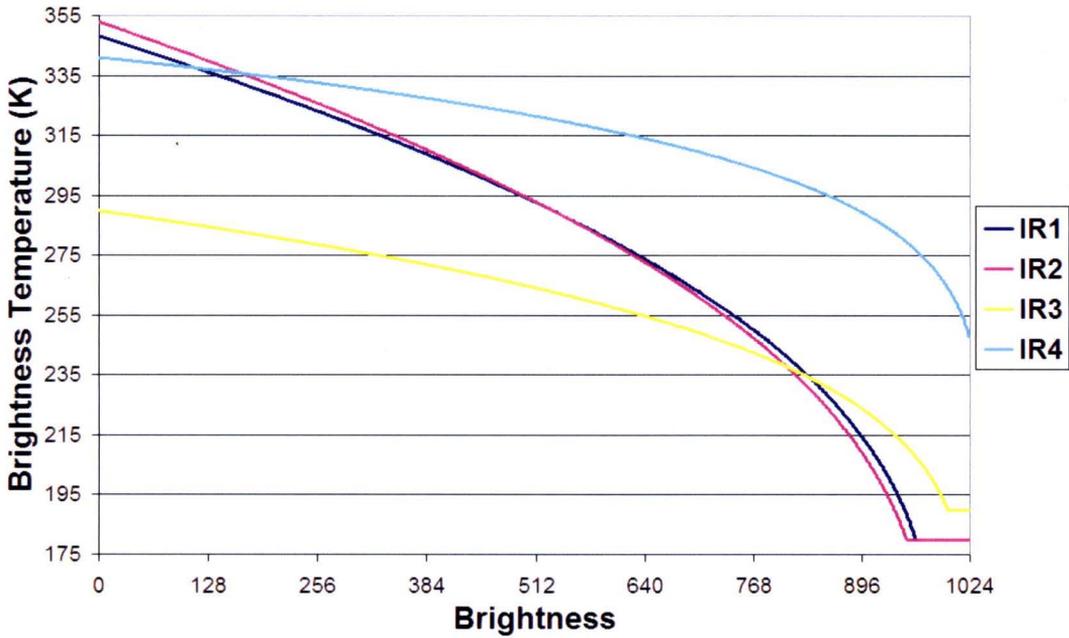
รูปที่ 6-13 ภาพจาก Visible Sensor ที่ได้จากแยกข้อมูลออกจากข้อมูลดิบ

6.3.4 ตารางการเทียบค่าของ Sensors ที่แถบความถี่ต่างๆ

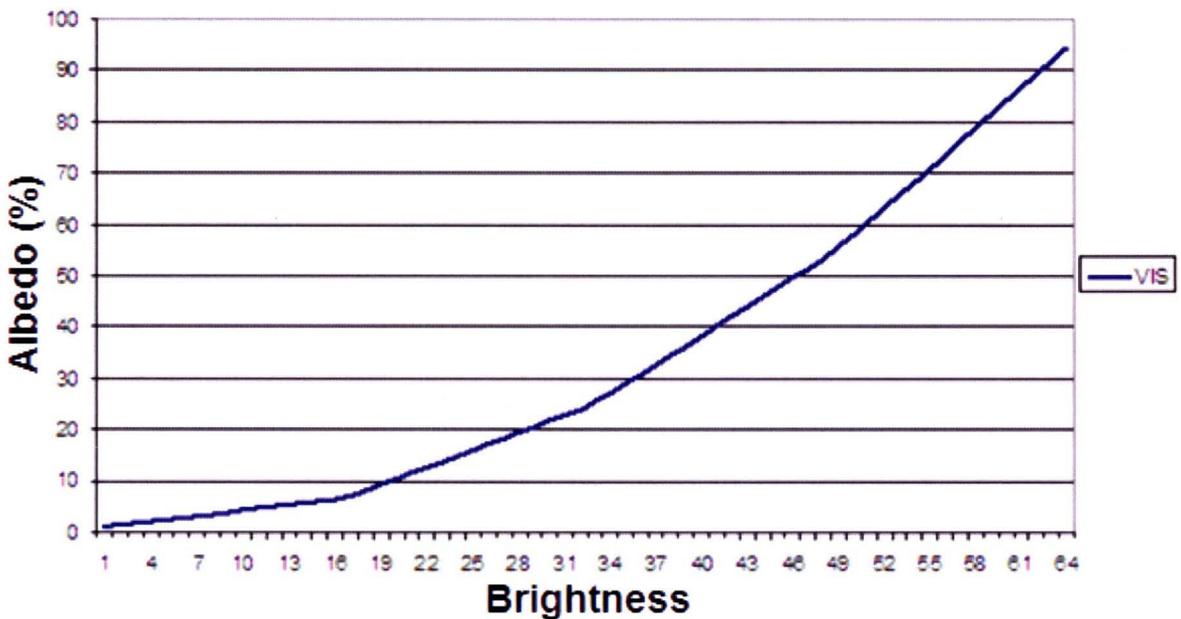
ข้อมูลจาก Sensor เป็นรหัสเลขฐานสองที่นำมาใช้แทนค่าอุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature) หรือค่าการสะท้อนของแสง (%Albedo) ของ Sensor แต่ละตัวที่สามารถตรวจวัดได้ โดยดาวเทียม FY-2C จะมี Sensor หลักอยู่ด้วยกัน 2 ชุด คือ

1) Infrared Sensor ที่ทำการตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านอินฟราเรด (IR) ซึ่งมีจำนวน 4 ชุดได้แก่ IR1 IR2 IR3 และ IR4 โดยแต่ละชุดมีค่าข้อมูลขนาด 10 บิต และสามารถแทนค่าอุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature) ได้ถึง 1,024 ค่า ดังรูปที่ 6-14

2) Visible Sensor ที่ทำการตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านแสงที่มองเห็น ซึ่งมีจำนวน 1 ชุดได้แก่ VIS โดยมีค่าข้อมูลขนาด 6 บิต และสามารถแทนค่าการสะท้อนของแสง (%Albedo) ได้ 64 ค่า ดังรูปที่ 6-15



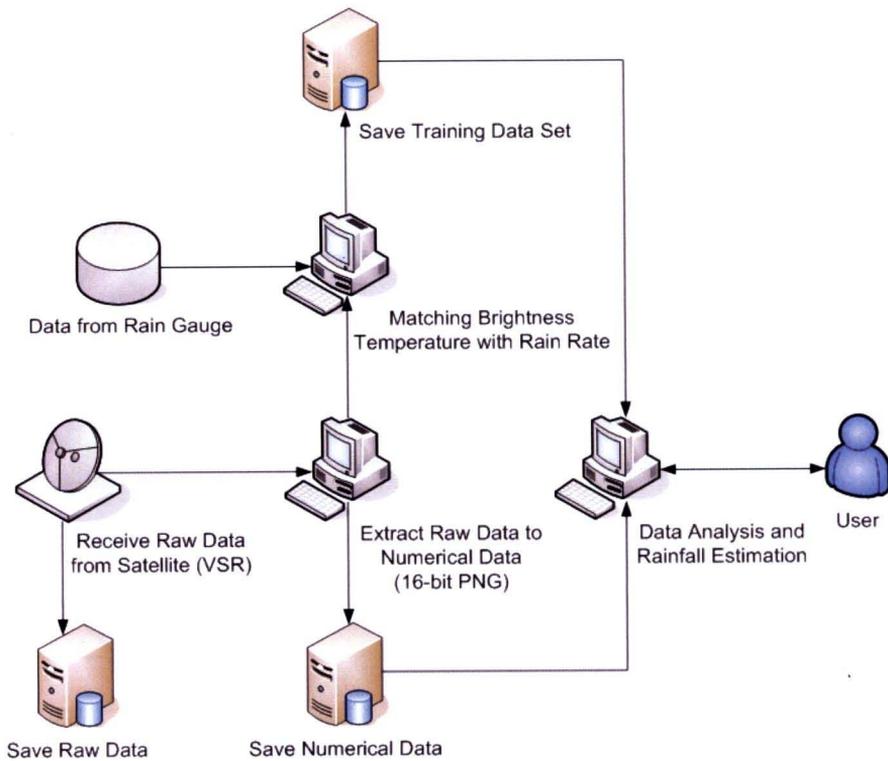
รูปที่ 6-14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับและอุณหภูมิความสว่างที่ Sensor ตรวจวัดได้



รูปที่ 6-15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับและอัตราการสะท้อนของแสงที่ Sensor ตรวจวัดได้

6.3.5 แนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม FY-2C เพื่อประมาณปริมาณน้ำฝน

จากการศึกษางานวิจัยหลายๆ งานวิจัยในการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในการประมาณปริมาณน้ำฝน และความรู้ที่ได้จากการศึกษาการสังเคราะห์ข้อมูลดิบ (VSR) ของดาวเทียม FY-2C คณะผู้วิจัยได้ออกแบบภาพรวมของระบบตั้งแต่การรับข้อมูลดิบของดาวเทียม FY-2C ผ่านระบบ DVB-S จนถึงการรับค่าต่างๆ เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงเลขที่แปลงมาจากข้อมูลดิบของดาวเทียม FY-2C กับค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำฝนบริเวณต่างๆ ในพื้นที่ต้นแบบ และแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์นั้นไปใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำฝน เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบที่ต้องการจะพัฒนาขึ้น และเพื่อให้สามารถวางแนวทางการพัฒนาซอฟต์แวร์ในส่วนต่างๆ ได้ชัดเจน ดังแสดง ในรูปที่ 6-16



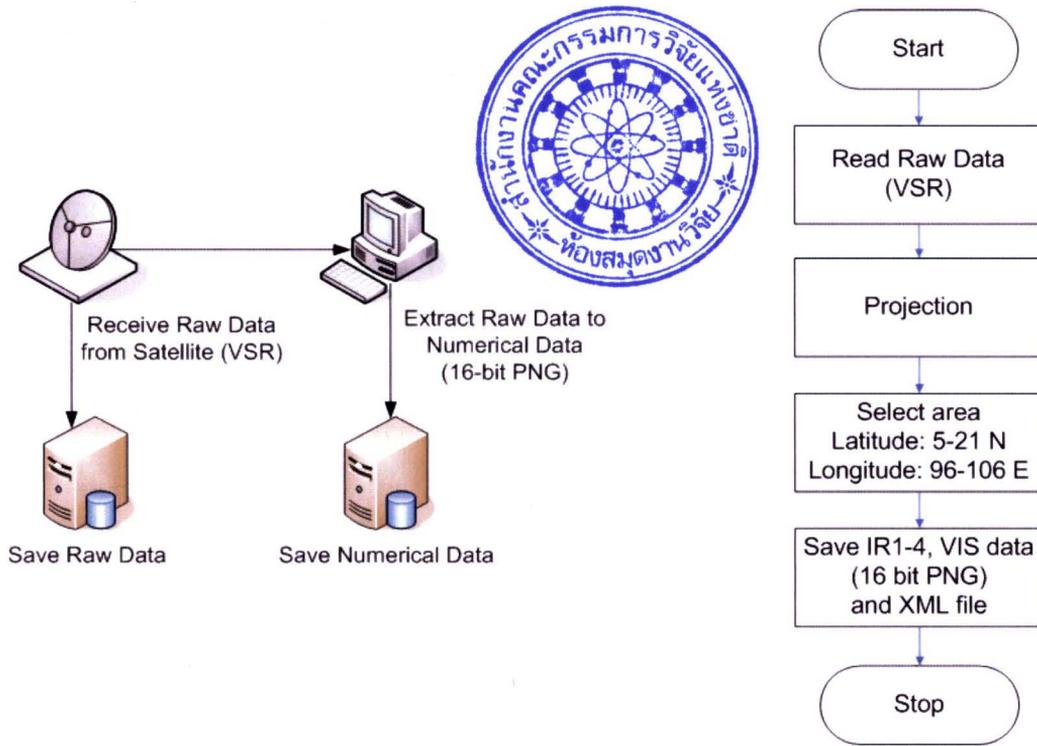
รูปที่ 6-16 โครงสร้างโดยรวมของระบบ

จากรูปที่ 6-16 สามารถแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 3 ส่วนหลักได้ดังนี้

- ก. ส่วนของการแปลงข้อมูลดิบ (VSR) ไปเป็นข้อมูลเชิงเลข (16-bit PNG)
- ข. ส่วนของการสร้างชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Training Data Set)
- ค. ส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน (Rainfall Estimation)

6.3.5.1 การแปลงข้อมูลดิบ (VSR) ไปเป็นข้อมูลเชิงเลข (16-bit PNG)

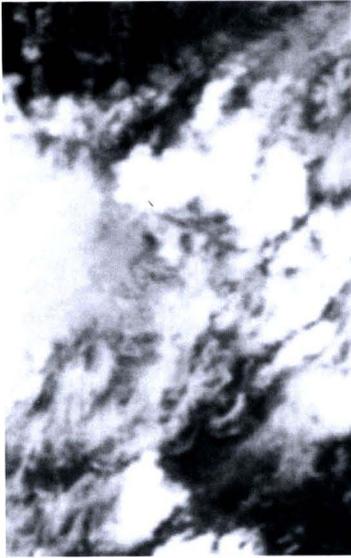
ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลดิบ (VSR) ที่รับมาจากดาวเทียม FY-2C ไปเป็นข้อมูลเชิงเลข (16 Bit PNG) ดังรูปที่ 6-17 โดยที่จะทำการคลี่ภาพ (Projection) แบบ Equal Lat-Long และเลือกเฉพาะข้อมูลบริเวณพื้นที่ประเทศไทยมาทำการจัดเก็บ การที่คณะผู้วิจัยได้เลือกแปลงข้อมูลดิบไปเป็นข้อมูลเชิงเลขแทนภาพถ่ายทั่วไบนั้น ก็เพื่อที่จะทำให้สามารถใช้ข้อมูลในช่องอินฟราเรด (Infrared Channel) ได้ครบทั้ง 10 บิต (โดยอีก 6 บิตที่เหลือจะทำการเติม 0 เข้าไปที่ตอนท้ายของข้อมูล) เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับข้อมูลดิบที่รับได้จากดาวเทียม FY-2C นั้นจำนวนบิตที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลและส่งลงมายังสถานีภาคพื้นดินของช่องอินฟราเรดนั้นใช้จำนวนทั้งสิ้น 10 บิต แต่จากข้อจำกัดของการจัดเก็บและแสดงผลของข้อมูลภาพโดยทั่วไปจะถูกจำกัดอยู่ที่ 8 บิต ดังนั้นเพื่อให้การแปลงค่าระดับความสว่าง (Brightness) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปเป็นค่า Brightness Temperature (Kelvin) มีความถูกต้องแม่นยำสูงขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาส่วนนี้ขึ้นมา โดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 6-18



รูปที่ 6-17 โครงสร้างของการแปลงข้อมูลดิบไปเป็นข้อมูลเชิงเลข

รูปที่ 6-18 ขั้นตอนการทำงานของการแปลงข้อมูลดิบไปเป็นข้อมูลเชิงเลข

โดยข้อมูลเชิงเลขที่ได้จากการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ในส่วนนี้สามารถเปิดขึ้นมาด้วยโปรแกรมเปิด/แก้ไขภาพทั่วไปได้ แต่ภาพที่เปิดขึ้นมาจะถูกลดทอนลงไปเหลือเพียง 8 บิตโดยอัตโนมัติก่อนที่จะแสดงผล ดังรูปที่ 6-19 เนื่องจากข้อจำกัดของการแสดงผลของโปรแกรมโดยทั่วไปนั้นจะรองรับได้เพียง 8 บิต จึงทำให้ไม่สามารถแสดงผลได้ครบทั้ง 10 บิต

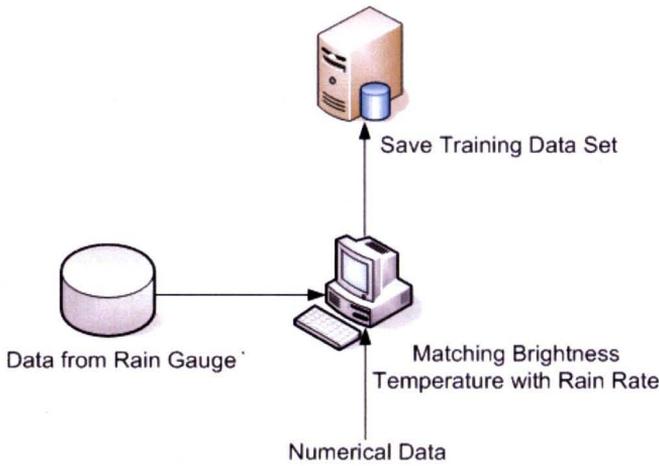


ก) ข้อมูลเชิงเลขของช่อง IR1 ข) ข้อมูลเชิงเลขของช่อง IR3

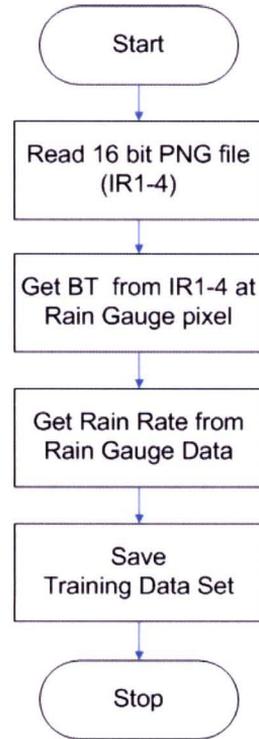
รูปที่ 6-19 ตัวอย่างข้อมูลเชิงเลขของช่องอินฟราเรดที่ได้จากการประมวลผล

6.3.5.2 ส่วนของการสร้างชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Training Data Set)

ส่วนนี้ถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการเตรียมชุดข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Training Data Set) ดังรูปที่ 6-20 และสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model) พยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยชุดข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะได้รับการนำข้อมูลเชิงเลข (16-bit PNG) ที่ได้จากส่วนก่อนหน้ามาทำการอ่านค่าระดับความสว่าง (Brightness) ณ พิกัดที่ตรงกับตำแหน่งสถานีวัดอากาศและในช่วงเวลาที่มีการวัดค่าปริมาณน้ำฝน จากนั้นจะนำค่า 10 บิตแรกไปแปลงเป็นค่าอุณหภูมิ (Brightness Temperature: K) โดยใช้ตารางการแปลงค่า (Brightness to Brightness Temperature Table) ในการแปลงค่า ซึ่งตารางนี้จะได้มาจากใน ส่วน Document ที่อยู่ในข้อมูลดิบ (VSR) ที่รับได้จากดาวเทียม FY-2C โดยแต่ละช่องสัญญาณก็จะมีตารางการแปลงค่าสำหรับช่องสัญญาณนั้นๆ เนื่องจากช่องสัญญาณแต่ละช่องจะใช้ตรวจวัดค่าที่แตกต่างกันไป เช่น ในช่อง IR1 จะใช้ตรวจวัดอุณหภูมิยอดเมฆ หรือในช่อง IR3 จะตรวจวัดปริมาณไอน้ำในอากาศ เป็นต้น ดังนั้นแต่ละช่องสัญญาณจึงมีวิธีการแปลงค่าที่ไม่เหมือนกัน จึงต้องใช้ตารางในการแปลงค่าที่แตกต่างกันออกไป จากนั้นจะทำการอ่านค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ของสถานีนั้นๆ ในช่วงเวลาที่ตรงกับการถ่ายภาพของดาวเทียมมาจัดเก็บร่วมกันดังรูปที่ 6-21 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 6-20 โครงสร้างของการสร้างชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์



รูปที่ 6-21 ขั้นตอนการทำงานของการสร้างชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

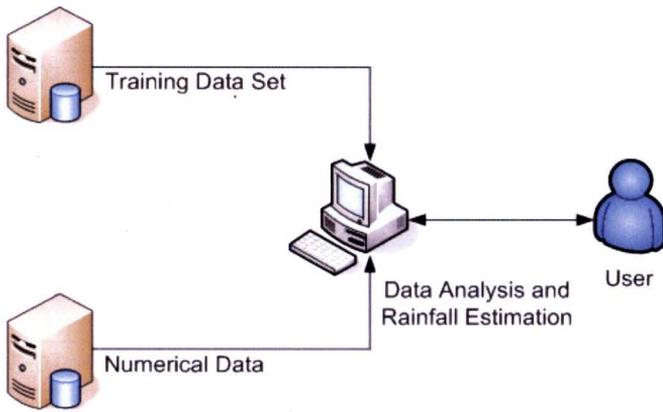
โดยข้อมูลที่คณะผู้วิจัยได้เลือกจัดเก็บลงไปในชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Training Data Set) จะประกอบไปด้วย รหัสสถานี/มาตรวัดฝนซึ่งใช้เป็นพิกัดอ้างอิงในการอ่านค่าจากข้อมูลเชิงเลข ปี-เดือน-วัน-เวลา ที่ดาวเทียมทำการถ่ายภาพซึ่งจะเป็นเวลาสากล (UTC) ปี-เดือน-วัน-เวลา ที่มาตรวัดฝนวัดปริมาณน้ำฝนได้ซึ่งจะเป็นเวลาไทย โดยการที่ต้องจัดเก็บ วัน-เวลา ทั้งสองแบบนี้เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ การนำเสนอช่วงเวลาของข้อมูลที่กำลังทำการวิเคราะห์ และการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ที่ได้ นอกจากนี้จะทำการจัดเก็บค่า Brightness Temperature ของช่องอินฟราเรดต่างๆ ที่วัดได้ในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งได้แก่ช่อง IR1 IR2 IR3 และ IR4 และค่า BTD (Brightness Temperature Different) ซึ่งเป็นค่าผลต่างระหว่างค่า Brightness Temperature ของช่องอินฟราเรดสองช่อง โดยในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยได้จัดเก็บค่า BTD ระหว่างช่อง IR1 กับ IR2 ค่า BTD ระหว่างช่อง IR1 กับ IR3 และค่า BTD ระหว่างช่อง IR1 กับ IR4 และในที่สุดท้ายก็จะทำการจัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงของมาตรวัดฝนนั้นๆ โดยตัวอย่างของข้อมูลที่ถูกรวบรวมจัดเก็บลงในชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์จะแสดงดังรูปที่ 6-22

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
stn_code	year	month	day	hour(UTC)	month	day	hour(BKK)	min	BT_IR1(K)	BT_IR2(K)	BT_IR3(K)	BT_IR4(K)	BTD_IR1-IR2	BTD_IR1-IR3	BTD_IR1-IR4	BTD_IR1-IR4	Rain(mm)			
2	MEAPHOON	2009	7	1	3	7	1	11	0	250.166998	251.082648	240.015017	277.007473	-0.915650567	10.15198009	-26.84047566				0
3	MEAPHOON	2009	7	1	4	7	1	12	0	252.538128	252.294854	241.001336	279.414351	0.243274212	11.53679196	-26.87622266				0.254
4	MEAPHOON	2009	7	1	5	7	1	13	0	268.800566	266.537853	243.50349	294.146473	2.262712447	25.29707583	-25.34590758				0
5	MEAPHOON	2009	7	1	6	7	1	14	1	270.59988	267.754652	245.187922	295.276115	2.84522807	25.41195836	-24.67623492				0
6	MEAPHOON	2009	7	1	7	7	1	15	1	271.222315	268.640791	244.312048	291.764686	2.581524458	26.91026742	-20.54237094				0
7	MEAPHOON	2009	7	1	8	7	1	16	1	273.092461	268.914812	243.690261	289.371966	4.177649015	29.40219975	-16.27950488				2.54
8	MEAPHOON	2009	7	1	9	7	1	17	1	255.064525	259.363969	235.03528	290.699322	-4.299443485	20.02924535	-35.63479682				3.556
9	MEAPHOON	2009	7	1	10	7	1	18	1	263.845931	263.483329	241.441347	288.77537	0.362602248	22.40458401	-24.92943852				0
10	MEAPHOON	2009	7	1	11	7	1	19	1	264.800947	263.615984	241.89473	287.921761	1.184963108	22.9062176	-23.1208141				0
11	MEAPHOON	2009	7	1	12	7	1	20	1	246.765759	248.478704	230.480589	280.695768	-1.712944806	16.28517004	-33.93000873				0
12	MEAPHOON	2009	7	1	13	7	1	21	1	238.291093	239.891436	234.127868	286.467214	-1.600343064	4.163224477	-18.17612115				0
13	MEAPHOON	2009	7	1	14	7	1	22	1	255.369642	255.350492	238.00274	273.275663	0.019150547	17.36690223	-17.90602117				0
14	MEAPHOON	2009	7	1	15	7	1	23	1	257.320445	258.374262	239.487004	274.987867	-1.053816628	17.83344141	-17.66742136				0
15	MEAPHOON	2009	7	1	16	7	2	0	1	266.921877	265.684136	244.251076	281.187996	1.237740557	22.67080087	-14.26611857				0
16	MEAPHOON	2009	7	1	17	7	2	1	1	267.038753	266.585868	244.757651	277.291443	0.452885623	22.28110242	-10.25268941				0
17	MEAPHOON	2009	7	1	18	7	2	2	1	265.896549	263.740833	245.544864	280.166992	2.155715033	20.351685	-14.2704431				0
18	MEAPHOON	2009	7	1	19	7	2	3	0	255.182248	256.027298	244.200901	267.332826	-0.845500706	10.98134663	-12.15057788				0
19	MEAPHOON	2009	7	1	20	7	2	4	0	250.764982	251.435821	243.30213	257.424506	-6.670839537	7.462851811	-6.659524396				0.254
20	MEAPHOON	2009	7	1	21	7	2	5	0	249.290314	248.597289	243.229055	254.582722	0.693025411	6.061259163	-5.292408162				0
21	MEAPHOON	2009	7	1	22	7	2	6	0	250.533325	251.023938	243.486755	260.719236	-0.490612465	7.046570276	-10.18591122				0
22	MEAPHOON	2009	7	1	23	7	2	7	0	256.82691	256.7806	243.768718	273.300632	0.04630921	13.05819133	-16.4732213				0
23	MEAPHOON	2009	7	2	0	7	2	8	0	254.916889	254.620718	245.160185	280.989363	0.296170902	9.756704327	-26.0724735				0
24	MEAPHOON	2009	7	2	1	7	2	9	0	250.96497	253.057007	243.489792	278.46004	-2.092037134	7.475177914	-27.49507017				0
25	MEAPHOON	2009	7	2	2	7	2	10	0	257.648064	257.574374	245.514213	282.323355	0.296170902	9.756704327	-26.0724735				0
26	MEAPHOON	2009	7	2	3	7	2	11	0	264.518643	263.313005	246.652287	294.575145	1.205637735	17.866356	-30.0565025				0
27	MEAPHOON	2009	7	2	4	7	2	12	0	274.246712	269.835407	246.683501	301.493312	4.411305211	27.56321165	-27.24659983				0
28	MEAPHOON	2009	7	2	5	7	2	13	0	272.637594	267.075976	245.616786	302.445415	5.561618493	27.02080859	-29.80782012				0

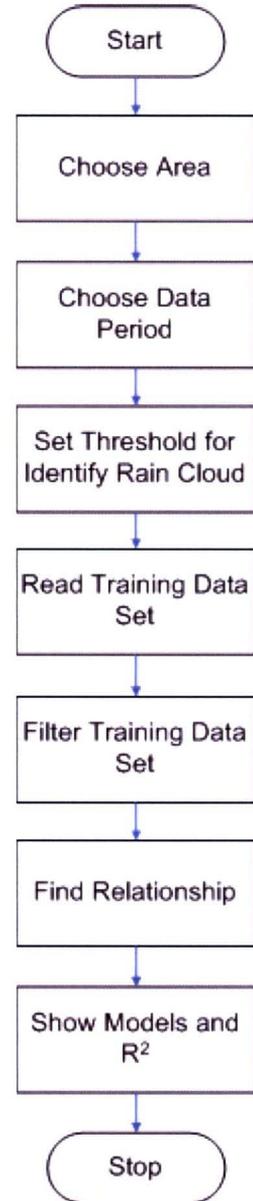
รูปที่ 6-22 ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บลงในชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Training Data Set)

6.3.5.3 ส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน (Rainfall Estimation)

เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงเลขที่แปลงมาจากข้อมูลดิบของดาวเทียม FY-2C กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงจากมาตรวัดฝนต่างๆ และนำแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์นั้นไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ดังรูปที่ 6-23 ซึ่งก่อนที่จะสามารถทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์และสร้างเป็นแผนที่ปริมาณน้ำฝนได้จำเป็นต้องมีการรับค่าต่างๆ จากผู้ใช้งานก่อน เช่น รูปแบบหรือวิธีการที่ใช้ในการกรองข้อมูล ค่า Threshold ที่จะใช้ในการกรองข้อมูล รูปแบบความสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ต้องการสร้างขึ้น เป็นต้น และเมื่อทำการตั้งค่าต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะสามารถทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brightness Temperature กับปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากมาตรวัดฝนได้ โดยใช้ชุดข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Training Data Set) และนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปพัฒนาเป็นแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนแบบต่างๆ ได้ จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คณะผู้วิจัยเลือกมาเป็นแบบจำลองตั้งต้นนั้นจะมีอยู่ด้วยกันสองแบบ คือ รูปแบบความสัมพันธ์แบบเลขยกกำลัง (Power Law) และรูปแบบความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลดีกรีสอง (Polynomial Degree 2) ดังรูปที่ 6-24 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 6-23 โครงสร้างของการวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 6-24 ขั้นตอนการทำงานของ การวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน

คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลเชิงเลขจากดาวเทียม FY-2C กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากมาตรวัดฝนที่จังหวัดภูเก็ต (2 มาตรวัด) และที่จังหวัดอุดรดิตถ์ (1 มาตรวัด) ในช่วงเดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนพฤศจิกายนของปี พ.ศ. 2552 มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์และนำไปพัฒนาเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในเบื้องต้นเป็นดังนี้

ตารางที่ 6-4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในช่วงเดือน ก.ค. - พ.ย. 2552 (ของจ.ภูเก็ต)

เดือน	มาตรวัดฝน	วิธีการกรองข้อมูล	จำนวนข้อมูล	ความสัมพันธ์	R ²
ก.ค. 52	KALIM1	-	72	$P = -0.0033T^2 + 1.7260T - 216.2879$	0.0551
	KALIM1	IR2<253 (K)	57	$P = 0.0116T^2 - 5.1654T + 575.6446$	0.2278
	NANAI1	-	81	$P = (7.0363e+005)T^{-2.4519}$	0.0281
	NANAI1	IR1-IR2<0 (K)	11	$P = 0.0001T^2 + 0.1258T - 30.0359$	0.1473
ส.ค. 52	KALIM1	-	117	$P = (2.2305e+006)T^{-2.6166}$	0.0263
	KALIM1	IR1-IR3<0 (K)	13	$P = (3.7888e+021)T^{-9.1846}$	0.1837
	NANAI1	-	147	$P = (5.1999e+008)T^{-3.6079}$	0.0508
	NANAI1	IR1-IR3<0 (K)	14	$P = (7.4926e+030)T^{-13.1227}$	0.2720
ก.ย. 52	KALIM1	-	106	$P = (3.5314e+006)T^{-2.6537}$	0.0251
	KALIM1	IR1-IR2<0 (K)	9	$P = 0.0059T^2 - 2.7524T + 326.8853$	0.1169
	NANAI1	-	137	$P = (6.3430e+007)T^{-3.2390}$	0.0335
	NANAI1	IR2<250 (K)	79	$P = (3.1272e+020)T^{-8.5943}$	0.0730
ต.ค. 52	KALIM1	-	100	$P = -0.0028T^2 + 1.4237T - 173.8936$	0.0334
	KALIM1	IR1-IR2<0 (K)	9	$P = 0.08T - 16.1142$	0.1879
	NANAI1	-	107	$P = -0.0029T^2 + 1.4631T - 179.6913$	0.0377
	NANAI1	IR1-IR2<0 (K)	10	$P = -0.0007T^2 + 0.4028T - 55.7102$	0.2279
พ.ย. 52	KALIM1	-	30	$P = (1.1145e+020)T^{-8.3431}$	0.4022
	KALIM1	IR3-IR1<0 (K)	18	$P = 0.0042T^2 - 2.3105T + 314.5775$	0.5918
	NANAI1	-	35	$P = 0.0055T^2 - 2.8909T + 381.1799$	0.3706
	NANAI1	IR1-IR2<0 (K)	7	$P = (7.7649e+040)T^{-17.0997}$	0.4964

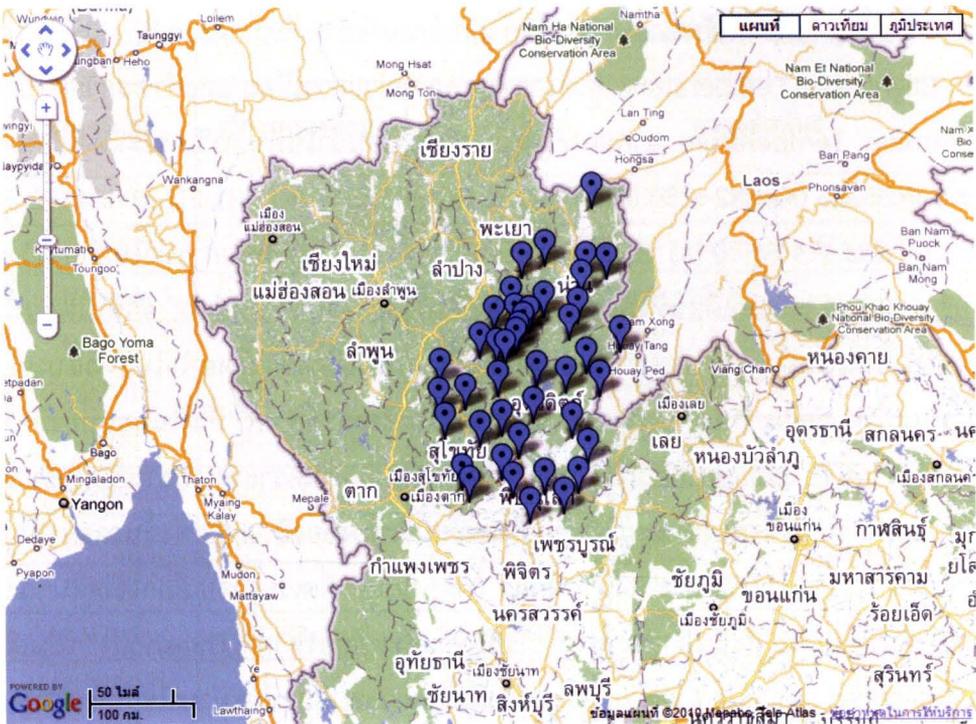
ตารางที่ 6-5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในช่วงเดือน ก.ค. - พ.ย. 2552 (ของ จ. อุดรดิตถ์)

เดือน	มาตรวัดฝน	วิธีการกรองข้อมูล	จำนวนข้อมูล	ความสัมพันธ์	R ²
ก.ค. 52	MEAPHOON	-	98	$P = 0.0004T^2 - 0.1986T + 23.9436$	0.0383
	MEAPHOON	IR1-IR2<0 (K)	26	$P = (1.1217e+010)T^{-4.2431}$	0.1265
ส.ค. 52	MEAPHOON	-	75	$P = 0.002T^2 - 0.9739T + 118.5564$	0.1018
	MEAPHOON	IR1-IR3<0 (K)	16	$P = -0.0112T^2 + 4.8984T - 534.1343$	0.1491
ก.ย. 52	MEAPHOON	-	245	$P = (1.1676e+003)T^{-1.2367}$	0.0055
	MEAPHOON	IR1-IR3<0 (K)	16	$P = 0.0457T^2 - 20.7908T + 2367.193$	0.2173
ต.ค. 52	MEAPHOON	-	192	$P = -0.0003T^2 + 0.1450T - 16.2697$	0.0005
	MEAPHOON	IR1-IR3<0 (K)	5	$P = 0.0202T^2 - 9.2976T + 1071.4439$	0.8600
พ.ย. 52	MEAPHOON	-	70	$P = -0.0185T^2 + 10.4248T - 1465.20$	0.0382
	MEAPHOON	IR1-IR2<0 (K)	22	$P = 0.0289T^2 - 15.8287T + 2161.917$	0.0995

จากผลลัพธ์ในเบื้องต้นที่ได้ เมื่อกำหนดให้ P คือค่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากมาตรวัดฝน T คือค่า Brightness Temperature ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และกำหนดวิธีการกรองข้อมูลด้วยค่า Brightness Temperature จากช่องสัญญาณต่างๆ ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์ดังนี้ $IR1 < 253$ (K), $IR1 < 250$ (K), $IR2 < 253$ (K), $IR2 < 250$ (K), $IR3 < 250$ (K), $IR3 < 247$ (K), $IR1 - IR2 < 0$ (K), $IR2 - IR1 < 0$ (K), $IR1 - IR3 < 0$ (K) และ $IR3 - IR1 < 0$ (K) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการกรองข้อมูลก่อนการนำไปทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ค่า R^2 ของทุกเดือนที่ได้นั้นจะมีค่าสูงขึ้นทั้งสองจังหวัด แต่ค่า R^2 ที่ได้ในตอนนี้นี้ยังไม่สูงพอที่จะนำไปใช้เป็นแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนได้ เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่ยอมรับได้ต้องมีค่า R^2 มากกว่า 0.6 ซึ่งการที่ค่า R^2 ที่ได้ในตอนนี้นี้ยังมีค่าต่ำอยู่นั้นน่าจะเกิดมาจากปริมาณข้อมูลที่นำมาใช้ในการกรองข้อมูล และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์นั้นยังไม่มากพอ เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คณะผู้วิจัยมีอยู่ในขณะนี้ มีเพียงของปี 2552 ดังนั้นอาจจะต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม และอีกสาเหตุหนึ่งน่าจะมาจากค่า Threshold ที่คณะผู้วิจัยเลือกใช้อ้างอิงในขณะนี้ยังไม่เหมาะสมกับพื้นที่ต้นแบบ ดังนั้นอาจจะต้องมีการศึกษาและทดลองหาค่า Threshold เพิ่มเติม เพื่อให้ทราบว่าค่า Threshold เท่าไรและจากช่องสัญญาณใดมีค่าเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้กับพื้นที่ต้นแบบ

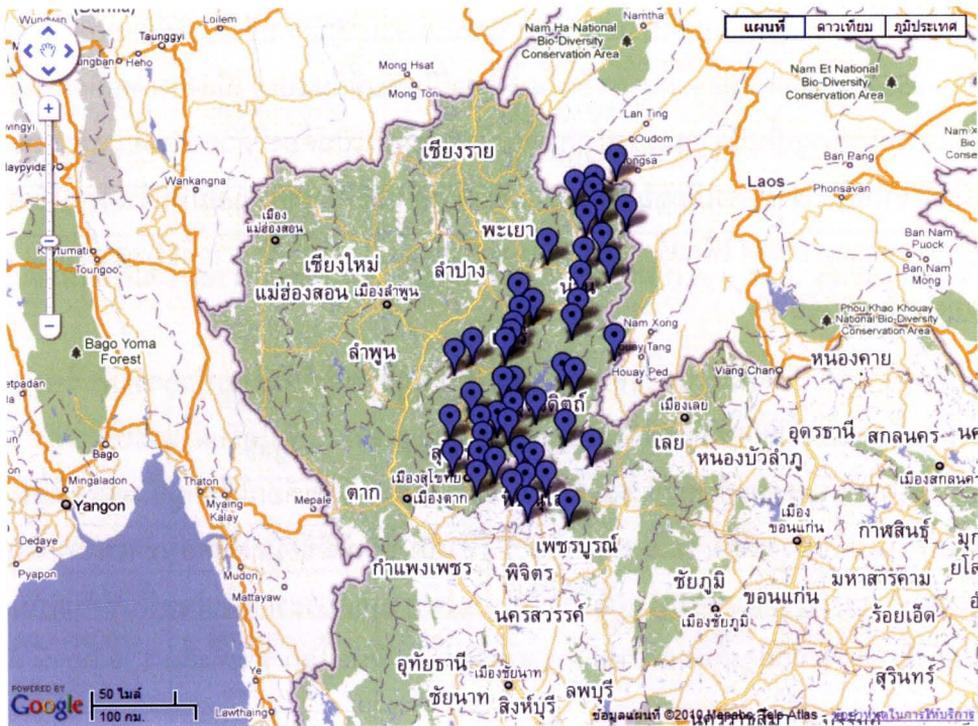
จากผลการศึกษาการพัฒนาแบบจำลอง (Model) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ต้นแบบก่อนหน้านี้ พบว่าค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) ระหว่างข้อมูลจากช่องสัญญาณ IR1 ของดาวเทียม FY-2C มีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งคณะผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเกิดมาจากจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์นั้นมีจำนวนน้อยเกินไป (ใช้ข้อมูลดาวเทียมช่วงเดือน ก.ค. - พ.ย. 2552 ร่วมกับข้อมูลจากมาตรวัดฝน 3 สถานีในพื้นที่ต้นแบบ) เนื่องจากพฤติกรรมการเกิดฝนในภูมิภาคแถบประเทศไทยนั้นมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก จำเป็นต้องมีตัวอย่างข้อมูลมากเพียงพอ จึงจะสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดของฝนในรูปแบบต่างๆ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียมกับปริมาณน้ำฝนจากมาตรวัด เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม สำหรับพื้นที่ต้นแบบของโครงการวิจัยได้

ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกทำการเพิ่มข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยเลือกใช้ข้อมูลย้อนหลังที่จัดเก็บไว้จากดาวเทียม FY-2C ซึ่งได้รับผ่านระบบ DVB-S และทำการจัดเก็บที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยได้เลือกใช้ข้อมูลในช่วงเดือน เม.ย.-ก.ค. 2551 และข้อมูลในช่วงเดือน เม.ย.-ก.ค. 2552 (ซึ่งเป็นช่วงที่มีข้อมูลฝนค่อนข้างมาก) ประกอบกับค่าปริมาณน้ำฝนจากมาตรวัดฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานในเขตพื้นที่ต้นแบบและจังหวัดข้างเคียงโดยรอบ คือจังหวัดอุดรธานี น่าน แพร่ สุโขทัย และ พิษณุโลก รวมทั้งสิ้น 129 สถานี ดังรูปที่ 6-25 และ 6-26



รูปที่ 6-25 ตำแหน่งมาตรวัดฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์

(ใช้ Google Map ช่วยในการระบุตำแหน่ง)

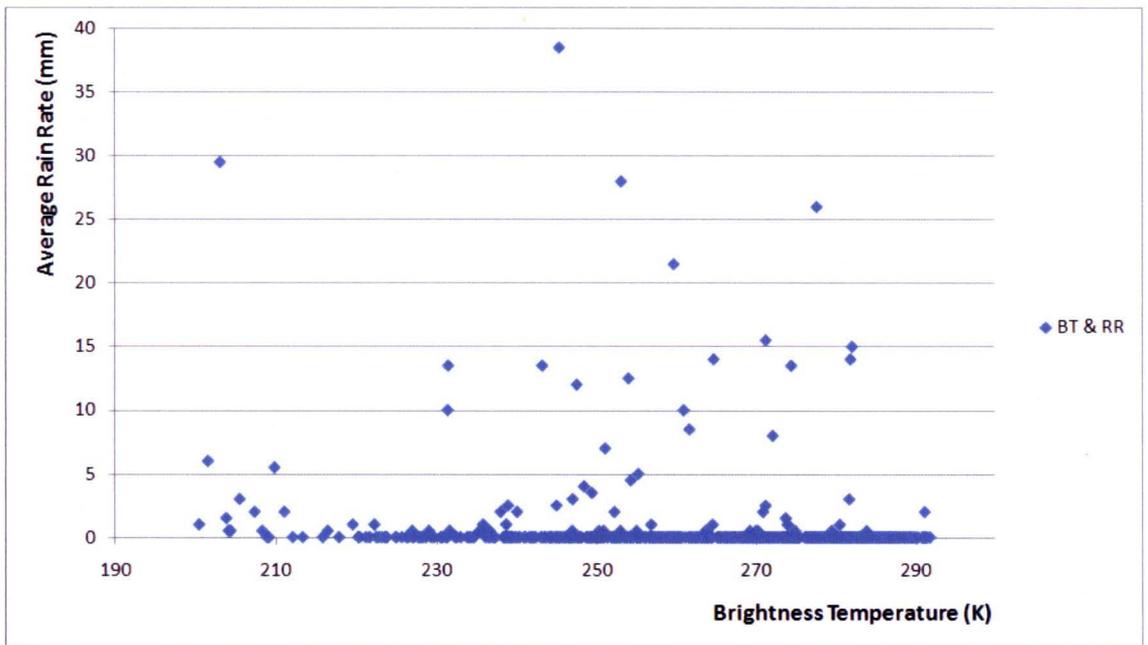


รูปที่ 6-26 ตำแหน่งมาตรวัดฝนจากกรมชลประทานที่ใช้ในการวิเคราะห์

(ใช้ Google Map ช่วยในการระบุตำแหน่ง)

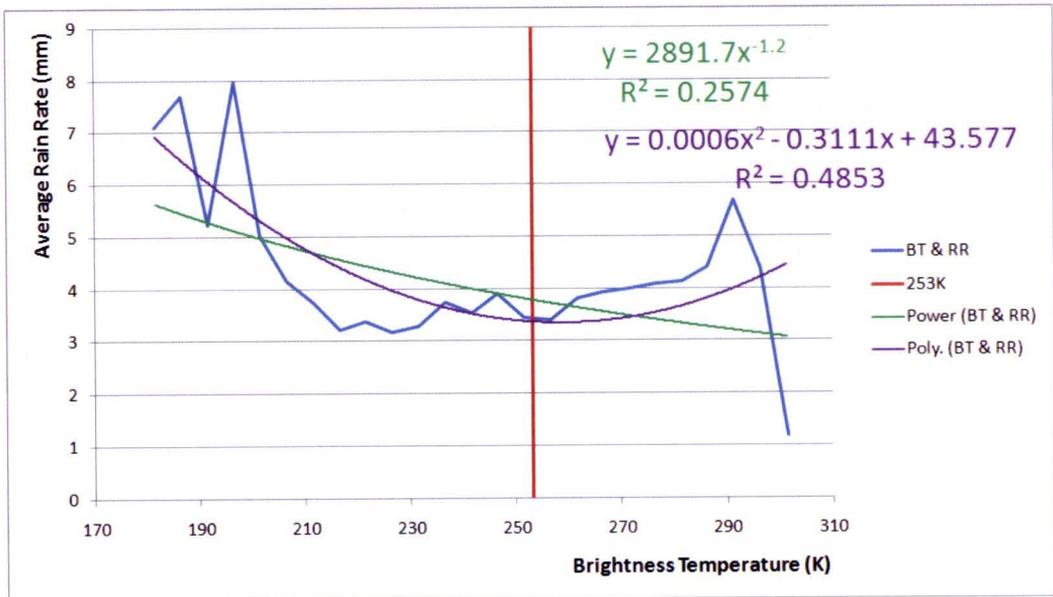
นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเกิดฝนในพื้นที่ต้นแบบ ปรับปรุงกระบวนการวิธีในการคัดแยกเมฆฝน เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังต่อไปนี้

คณะผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลดาวเทียมและข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากมาตรวัดฝนทั้ง 129 สถานี ในบริเวณแถบพื้นที่ต้นแบบมาทำการจัดเก็บไว้ตามวัน เวลา และพิกัดที่ตรงกัน รวมเป็นชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาแบบจำลอง จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิยอดเมฆแต่ละค่ากับค่าปริมาณน้ำฝนจากมาตรวัดพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีความแปรปรวนมากจนไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองส่วนได้ ดังแสดงในรูปที่ 6-27



รูปที่ 6-27 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิยอดเมฆแต่ละค่ากับค่าปริมาณน้ำฝน

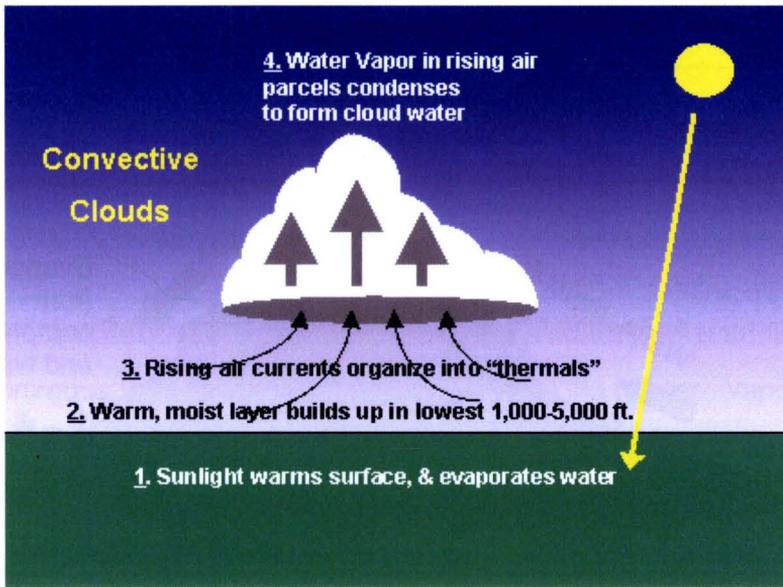
ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำหลักการการวิเคราะห์เชิงสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างข้อมูลออกตามช่วงของค่าอุณหภูมิยอดเมฆ (IR1) เพื่อที่ว่าค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (sample mean) ของปริมาณน้ำฝนจากมาตรวัดที่ค่าอุณหภูมิยอดเมฆในแต่ละช่วงนั้น จะเป็นตัวแทนพฤติกรรมการเกิดฝนในพื้นที่ซึ่งมีความแปรปรวนค่อนข้างมากได้ สำหรับการวิเคราะห์ในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการแบ่งช่วง IR1 ออกเป็นช่วงต่างๆ ตั้งแต่ช่วงละ 0.5 K, 1 K, 2 K และ 5 K โดยเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิต่ำสุด (179 K) ไปจนถึงอุณหภูมิสูงสุด (304 K) ซึ่งพบว่า การแบ่งช่วง IR1 ออกเป็นช่วงละ 5 K สามารถใช้เป็นตัวแทนพฤติกรรมการเกิดฝนได้ดีกว่าการแบ่งช่วงข้อมูลแบบอื่นๆ เนื่องจากหลังการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงแล้วแต่ละช่วงมีข้อมูลที่ค่อนข้างมาก และผลลัพธ์เมื่อนำไปทำการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยตัวอย่างของปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วง IR1 กับค่าอุณหภูมิยอดเมฆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6-28



รูปที่ 6-28 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิยอดเมฆทั้งหมดกับค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

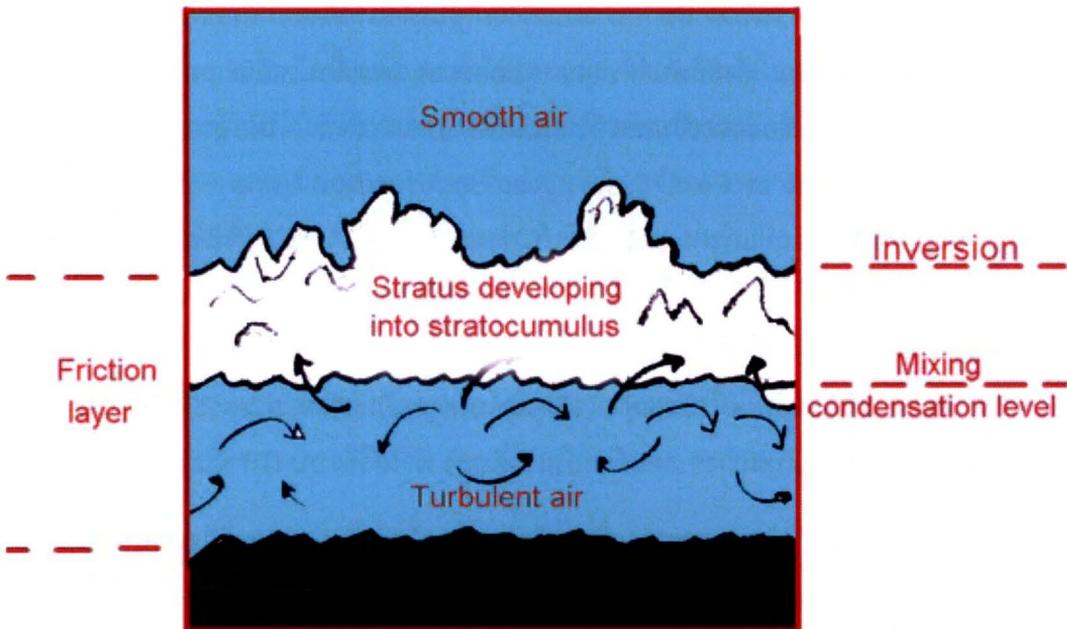
ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูล (R^2) แบบโพลีโนเมียล (Polynomial Degree 2) มีค่าสูงกว่าแบบเลขยกกำลัง (Power law) แต่ก็ยังคงมีค่าต่ำเกินกว่าที่จะนำไปใช้ได้ เนื่องจากในความเป็นจริงนั้น ลักษณะของการเกิดฝนไม่ได้มีเพียงแบบเดียว สำหรับพื้นที่ทั่วไป ฝนที่ตกส่วนมากจะเกิดจากเมฆที่ก่อตัวขึ้นตามแนวตั้งจากฐานเมฆที่อยู่ระดับต่ำ จนกระทั่งยอดเมฆอยู่สูงในระดับที่อุณหภูมิยอดเมฆมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ (~ 253 K) ก็จะก่อให้เกิดฝนที่มักจะเป็นแบบฝนฟ้าคะนอง เราเรียกเมฆประเภทนี้ว่า convective cloud หรือเมฆประเภท Cumulonimbus ดังแสดงในรูปที่ 6-29 (ข้อมูลเกี่ยวกับเมฆประเภทต่างๆ ศึกษาเพิ่มเติมได้จาก <http://www.auf.asn.au/meteorology/section3.html>) ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่เกิดจากเมฆประเภทนี้โดยมากจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิยอดเมฆแบบกฎเลขยกกำลัง (Power Law)

อย่างไรก็ตาม ฝนที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งไม่ได้เกิดจากเมฆประเภท Cumulonimbus (Cb) แต่อาจเกิดจากเมฆที่อยู่ระดับต่ำ ซึ่งมีอุณหภูมิยอดเมฆค่อนข้างสูง (มากกว่า 253 K) หรือที่เรียกกันว่าเมฆอุ่น (warm cloud) เช่น Stratocumulus (รูปที่ 16-30) เมฆกลุ่มนี้อาจก่อให้เกิดฝนชายฝั่ง (coastal rain) หรือฝนหน้าเขา (orographic rain) ดังแสดงในรูปที่ 6-31 ลักษณะของฝนประเภทนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของภูมิประเทศ และภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ค่อนข้างมาก การหาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพียงอย่างเดียวเป็นไปได้ยาก จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย โดยเฉพาะ synoptic ของฝนในแต่ละพื้นที่ร่วมกับข้อมูลฝนจากสถานีเรดาร์ ดังนั้นพฤติกรรมของการเกิดฝนจึงอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามอุณหภูมิยอดเมฆ ในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยเน้นการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่เกิดจากเมฆอุณหภูมิต่ำ (cold cloud) ซึ่งเป็นฝั่งซ้ายของเส้นแบ่งประเภทกลุ่มเมฆในรูปที่ 6-28 เนื่องจากยังไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่จะนำมาพัฒนาแบบจำลองสำหรับเมฆอุ่นได้



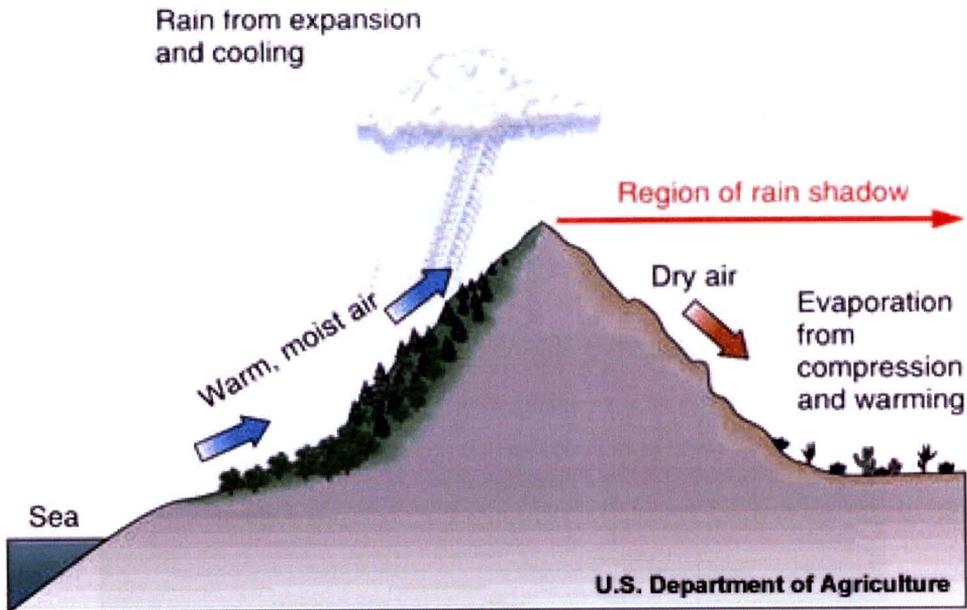
รูปที่ 6-29 การก่อตัวของเมฆฝนแบบ convective (Cumulonimbus)

ที่มา: http://www.weatherquestions.com/How_do_clouds_form.htm



รูปที่ 6-30 การก่อตัวของเมฆฝนแบบอื่น (Stratocumulus)

ที่มา: http://www.auf.asn.au/metimages/cloud_development2.jpg



รูปที่ 6-31 การเกิดฝนหน้าเขาแถบบริเวณชายฝั่งซึ่งมาจากเมฆอุ่น

ที่มา: http://ag.arizona.edu/watershedsteward//resources/module/Climate/az-climate_pg2.htm

จากการศึกษาที่ผ่านมาคณะผู้วิจัยได้ใช้ทำการคัดแยกข้อมูลเมฆฝนออกจากข้อมูลดาวเทียมจากเงื่อนไขของค่า IR1 ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิยอดเมฆ โดยเงื่อนไขนี้จะแยกเมฆที่มีอุณหภูมียอดเมฆต่ำ (cold cloud) ที่เชื่อว่าจะเป็นเมฆที่ให้ฝนแบบ convective โดยจากงานวิจัยเรื่อง “Daily Mapping of 24-Hr Rainfall at Pixel Scale Over South Africa Using Satellite, Radar and Rain gauge Data” ของ Pegram และคณะแสดงให้เห็นว่าค่าเกณฑ์ของค่า IR1 ที่ใช้สำหรับเมฆที่ให้ฝนแบบ convective นั้นจะอยู่ที่ประมาณ -20°C หรือ 253 K ดังนั้นถ้าหากข้อมูล IR1 ที่ตรวจจับได้จากดาวเทียมมีค่าต่ำกว่า 253 K ก็จะถูกพิจารณาว่าเป็นเมฆที่จะก่อให้เกิดฝน การคัดแยกเมฆฝนด้วยวิธีการนี้เรียกว่า Infrared Threshold Rainfall (ITR) อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงจะมีเมฆระดับสูงจำนวนหนึ่งที่ไม่ก่อให้เกิดฝน เช่น Cirrus ที่เป็นเมฆบางๆ ลอยตัวอยู่ในระดับสูง ทำให้วิธีแบบ ITR นั้นมีข้อจำกัดดังต่อไปนี้

- ให้การประมาณน้ำฝนที่เกินจริง เนื่องจากเมฆที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 253 K นั้นไม่ได้เป็นเมฆที่ก่อให้เกิดฝนทั้งหมด จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างชุดข้อมูลจำนวนทั้งสิ้น 352,570 ตัวอย่าง (จำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตก 55,002 ตัวอย่าง) พบว่า มีจำนวนข้อมูลที่ให้ฝนในช่วงนี้เพียงร้อยละ 25.04 เท่านั้น (ตารางที่ 6-6)

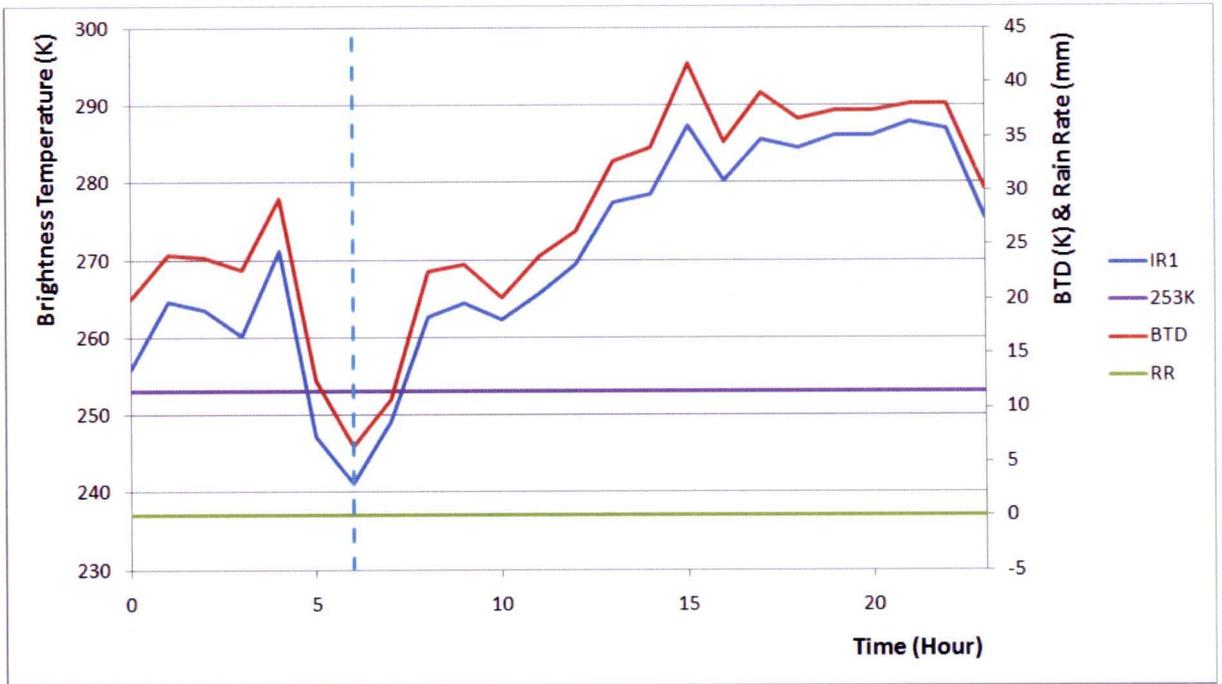
- ไม่สามารถตรวจจับฝนชายฝั่งหรือหน้าเขาที่เกิดจากเมฆอุ่นได้ ทำให้การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนมีค่าต่ำกว่าจริง ในส่วนของเมฆอุ่น ($>253\text{ K}$) มีโอกาสที่จะเกิดฝนถึงร้อยละ 11.52

ตารางที่ 6-6 ผลการวิเคราะห์วิธีการคัดแยกข้อมูลเมฆฝน

วิธีการกรองข้อมูล		ร้อยละของการเกิดฝน (%)
IR1	IR1-IR3 (BTD)	
< 253K	-	25.04
> 253K	-	11.52
< 253K	< 0K	34.83

เพื่อให้การคัดแยกเมฆถูกต้องมากขึ้น จึงได้มีแนวคิดที่จะแยกเมฆประเภท Cirrus ออกจาก Cumulonimbus โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมช่องสัญญาณ IR3 (Water Vapor) เข้ามาช่วย จากงานวิจัยของ Kurino . ในปี 1999 พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างช่องสัญญาณ IR1 และ IR3 (Brightness Difference Temperature: BTD) สามารถใช้แยก Cirrus ออกจาก Cumulonimbus ได้ โดยได้กำหนดเงื่อนไขของเมฆที่จะทำให้เกิดฝนไว้ว่าจะมีค่า $IR1-IR3 < 0$ ตัวอย่างงานวิจัยเรื่อง “Daily Mapping of 24-Hr Rainfall at Pixel Scale Over South Africa Using Satellite, Radar and Rain gauge Data” ได้มีการนำการคัดแยกแบบ ITR ร่วมกับ BTD ในเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกเมฆฝน ซึ่งได้ผลค่อนข้างดี และสามารถนำไปใช้รายงานฝนในประเทศอัฟริกาได้ผ่านทางเว็บไซต์รายวันได้

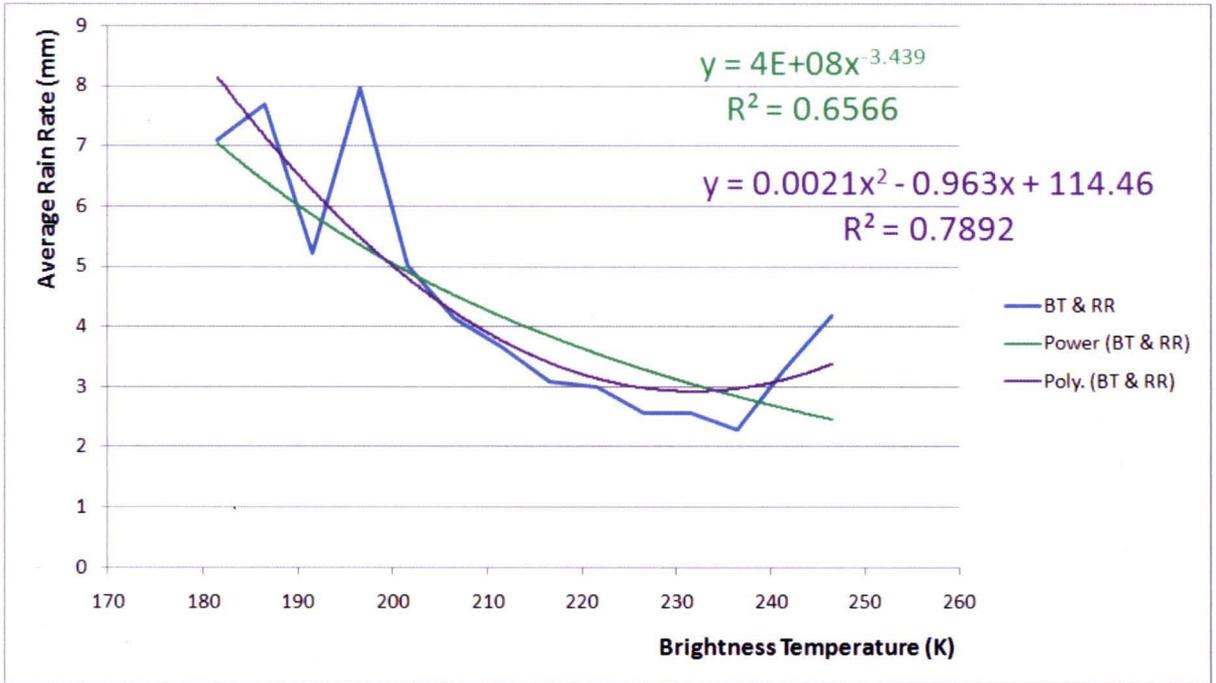
ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดแยกข้อมูลเมฆฝนโดยใช้วิธีการกรองสองชั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเมฆฝนที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ผลในตารางที่ 6-6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการคัดแยกข้อมูลด้วย BTD อีกชั้นหนึ่ง จะทำให้ร้อยละของการเกิดฝนในกลุ่มเมฆเย็นเพิ่มขึ้นจาก 25.04 เป็น 34.83 ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงใช้วิธีการกรองสองชั้นในการคัดแยกประเภทเมฆฝนกลุ่มเย็น เพื่อไปทำการหาความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิมืดเมฆ สำหรับพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมในขั้นถัดไป สังเกตจากรูปที่ 6-32 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงค่า IR1 และ BTD กับ ปริมาณน้ำฝนตามเวลา จะเห็นได้ว่าตำแหน่งเวลาตามรอยประ ข้อมูลที่ได้มีค่า $IR1 < 253 K$ แต่มี $BTD > 0 K$ ซึ่งไม่ให้ฝนในเวลานั้น ซึ่งถ้าหากใช้การกรองด้วย IR1 เพียงอย่างเดียวตามวิธีเดิม ข้อมูลนี้จะถูกพิจารณาว่าเป็นเมฆที่จะก่อให้เกิดฝน แต่ด้วยวิธีการกรองสองชั้นข้อมูลนี้จะถูกแยกว่าเป็นเมฆที่ไม่ก่อให้เกิดฝน



รูปที่ 6-32 การเปลี่ยนแปลงค่า IR1 และ BTD กับ ปริมาณน้ำฝนตามเวลา

ที่มา: ข้อมูลจากมาตรวัดฝนนาน เมื่อวันที่ 29 พ.ค. 2551 เวลา 0.00-23.00 น.

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิยอดเมฆที่ได้จากช่อง IR1 ของดาวเทียม กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากมาตรวัดฝน เพื่อพัฒนาเป็นแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในกลุ่มเมฆที่ให้ฝนแบบ convective นั้น คณะผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลที่เลือกไว้ในช่วงเดือน เม.ย.-ก.ค. ปี 2551 และ 2552 มาทำการตัดแยกข้อมูลที่จะเป็นเมฆเย็นที่ให้ฝนแบบ convective (cold convective cloud) โดยการกรองด้วยเงื่อนไข $IR1 < 253 \text{ K}$ และ $IR1 - IR3 < 0 \text{ K}$ หลังจากนั้นได้ทำการแบ่งข้อมูลที่เหลือออกตามช่วงของค่า IR1 โดยแบ่งเป็นช่วงละ 5 K แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างของปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากมาตรวัดในแต่ละช่วง แล้วจึงนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์การถดถอย ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 6-33 จะเห็นได้ว่าแบบจำลอง Polynomial ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.7892 ซึ่งมากกว่าค่า R^2 ของแบบจำลอง Power law ที่มีค่าเพียง 0.6566 เนื่องจากเมื่อ IR1 มีค่าเพิ่มขึ้นเข้าใกล้บริเวณ threshold (253 K) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจะเริ่มมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่พฤติกรรมการเกิดฝนเริ่มเปลี่ยนแปลง ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นอาจจะเริ่มมีส่วนของฝนจากเมฆอุ่นแทนฝนที่เกิดจากเมฆเย็น ดังนั้นแบบจำลอง Polynomial อาจมีความเหมาะสมกับพฤติกรรมของฝนจากเมฆเย็นในพื้นที่ต้นแบบในจังหวัดอุดรดิตถ์ของประเทศไทยมากกว่าแบบจำลอง Power law อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยของ Vicente เรื่อง “Satellite rainfall estimation for flash flood application” การนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้นั้นอาจต้องทำการปรับค่าด้วย correction factor ต่างๆ เพิ่มเติม เช่น moisture correction factor และ growth rate correction factor เพื่อที่จะสามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนได้แม่นยำยิ่งขึ้น



รูปที่ 6-33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิยอดเมฆ (IR1)

(ที่ผ่านการกรองเพื่อคัดแยกข้อมูลเมฆฝนแบบ 2 ชั้น)