



วิทยานิพนธ์

การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณลุ่มน้ำคลองอ้อ^๗
ตะเกา ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

**SATELLITE BASED RAINFALL ESTIMATION OVER U-
TAPHAO RIVER BASIN DURING NORTHEAST MONSOON**

นายเจน อรุณลิทวิช

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

10.14457/KU.the.2007.448
20/08/2561 11:39:08



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

บริษัทฯ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
ภาควิชา

เรื่อง การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณคุ่น้ำคลองอู่ตะเภา ในช่วงมรสุม
ตะวันออกเฉียงเหนือ

Satellite Based Rainfall Estimation Over U-Taphao River Basin during Northeast
Monsoon

นามผู้วิจัย นายเจน อรุณสิทธิ์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ดุษฎี ศุขวัฒน์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพบูล, M.Eng.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วรากร ไม้เรียง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดดาวร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

10.14451/KU.the.2007.448
นบก 20/08/2561 11:59:08
วิทยานิพนธ์
เรื่อง
การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ในช่วงมรสุม
ตะวันออกเฉียงเหนือ
Satellite Based Rainfall Estimation Over U-Taphao River Basin during Northeast Monsoon

โดย

นายเจน อรุณสิทธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรนำ)
พ.ศ. 2550

เจน อรุณสิทธิ์ 2550: การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณคุ่น้ำคลองอู่ตะเภา ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์ดุษฎี ศุภวัฒน์, Ph.D. 127 หน้า

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณคุ่น้ำคลองอู่ตะเภา ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เปรียบเทียบกับปริมาณฝนภาคพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของดาวเทียม GMS-5 (Geostationary Meteorological Satellite 5) ของประเทศไทย ปัจจุบัน ในช่วงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ.2543 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ.2544 และช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ.2544 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ.2545 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดฝนเนื่องจากอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยข้อมูลปริมาณฝนภาคพื้นดิน ได้รวบรวมข้อมูลมาจากกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลฝนรายวัน ส่วนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดาวน์โหลดที่ website <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/> เป็นข้อมูลรายชั่วโมง ประกอบด้วยข้อมูล CAL, IR1, IR2, IR3 และ VIS เมื่อรวมรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้หลักสถิติความถดถ��เชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression) และกำหนดข้อสมมุตฐาน และเทคนิควิธีการของการหาความสัมพันธ์ โดยการประยุกต์มาจากการประมาณปริมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม แทนแซท (Tropical Application of Meteorological SATellite, TAMSAT)

ผลจากการศึกษาพบว่าจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum threshold temperature) ที่ทำให้เกิดฝนในบริเวณพื้นที่คุ่น้ำคลองอู่ตะเภา คือ 224 เคลวิน หรือ -49 องศาเซลเซียส และพบว่าความสัมพันธ์ของ การประมาณปริมาณฝน ($Rain_{est}$, มม.) กับช่วงอุณหภูมิเมฆเย็น (Cold Cloud Duration, CCD) สำหรับการวิเคราะห์ความถดถ��เชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ของช่องสัญญาณดาวเทียม IR1, IR2 และ IR3 เมื่อเงื่อนไขคือ $Rain \geq 35$ มม., $Rain \geq 40$ มม., $Rain \geq 50$ มม., $Rain \geq 60$ มม. และ $Rain \geq 70$ มม. ในแต่ละกรณีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ของแต่ละเงื่อนไขเท่ากับ 0.620, 0.641, 0.530, 0.609, 0.680, 0.494, 0.509, 0.545, 0.498, 0.555, 0.581, 0.518, 0.494, 0.564 และ 0.559 ตามลำดับ

Chane Arunsit 2007: Satellite Based Rainfall Estimation Over U-Taphao River Basin during Northeast Monsoon.. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Mr. Dusadee Sukawat, Ph.D. 127 pages.

The purpose of this research was to study the satellite based rainfall estimation over U-taphao river basin during northeast monsoon comparing to ground based rainfall during June 2000 to January 2001 and June 2001 to January 2002. Daily rainfall data was collected from precipitation-gage network of Thai Meteorological Department and Royal Irrigation Department. Hourly GMS-5 (The Japanese Geostationary Meteorological Satellite 5) image data was downloaded from website:<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/> which included CAL, IR1, IR2, IR3 and VIS data. Statistical inference in simple linear regression and correlation analyses were used. Assumptions and procedures of the Techniques were applied from TAMSAT (Tropical Application of Meteorological SA Tellite) Rainfall Estimation Technique appropriately.

The optimum threshold temperature, that rainfall should be occurred, was 224 Kelvin or -49 Celsius degree. The result of estimated rainfall using the simple linear regression analyses indicated that the linear relation between CCD and estimated rainfall was reasonably good over IR1 ,IR2 and IR3 data channel for conditions: Rain \geq 35 mm., Rain \geq 40 mm., Rain \geq 50 mm., Rain \geq 60 mm., Rain \geq 70 mm. The coefficient of determination (R^2) of the equations comprised 0.620, 0.641, 0.530, 0.609, 0.680, 0.494, 0.509, 0.545, 0.498, 0.555, 0.581, 0.518, 0.494, 0.564 and 0.559 respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ อ.ดร.ดุษฎี ศุภวัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ชูเกียรติ ทรัพย์ไพบูลย์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก, รศ.ดร.วรารักษ์ ไม้เรือง กรรมการที่ปรึกษา วิชารอง และร.ศ.ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ สำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาสุขภาพ กรรมการที่ปรึกษา ภาควิชาสุขภาพ โภชนา ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ ต่อไป ขอขอบคุณหน่วยงานด้านข้อมูลฝันของ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้อธิบาย ข้อมูลฝันเพื่อใช้ในการศึกษานี้ และขอบคุณมหาวิทยาลัยโภช ประเทศไทย ปั้นที่ทำการเผยแพร่ ข้อมูลตามที่ยิน GMS-5 โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษารังน់

ขอขอบคุณ คุณศิรินันท์ สินธุวิทิณ และความช่วยเหลือ ในส่วนของโปรแกรมสนับสนุนในการแปลค่าภาพถ่ายดาวเทียม ให้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และ ขอบคุณ คุณวัศยา อุเบกhanan ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติ ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอบคุณแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณน้า ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ และกำลังทุนแก่ผู้วิจัยมาตลอดด้วยดีเสมอมา

เจน อรุณสิทธิ์
กุมภาพันธ์ 2550

(1)

หน้า

| | |
|--------------------------------|-----|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (4) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษา | 2 |
| การตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 48 |
| อุปกรณ์ | 48 |
| วิธีการ | 48 |
| ผลและวิจารณ์ | 57 |
| ผล | 57 |
| วิจารณ์ | 105 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 107 |
| สรุป | 107 |
| ข้อเสนอแนะ | 109 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 111 |
| ภาคผนวก | 112 |
| ภาคผนวก ก | 113 |
| ภาคผนวก ข | 120 |
| ภาคผนวก ค | 124 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 127 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 แสดงคุณลักษณะลุ่มน้ำ (Basin Characteristic) ของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาและลุ่มน้ำสาขา | 8 |
| 2 สถานีวัดน้ำฝนและระดับน้ำของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา | 15 |
| 3 สถานีวัดน้ำฝนและระดับน้ำของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา | 17 |
| 4 แสดงรายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนและระบบโทรมาตรเพิ่มเติมในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาของกรมอุตุนิยมวิทยา | 20 |
| 5 แสดงชื่อดาวเทียมชนิด โคจรรอบโลก และชื่อประเทศเจ้าของ | 28 |
| 6 แสดงรายละเอียดช่องสัญญาณต่างๆ ของชุดดาวเทียม NOAA | 30 |
| 7 แสดงชื่อและตำแหน่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิค โคจรสั่งฟ้าของประเทศไทย | 32 |
| 8 แสดงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณช่วงคลื่นของดาวเทียม GMS-5 | 33 |
| 9 แสดงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณของดาวเทียม METEOSAT | 34 |
| 10 การประมาณค่าของฝนในประเทศไทย (พ.ศ. – ต.ค. ปี ค.ศ. 1986) การเปรียบเทียบของวิธีการ (Comparison Methods) | 42 |
| 11 แสดงข้อมูลฝนรายปีที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากสถานีวัดน้ำฝน | 59 |
| 12 แสดงสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ | 69 |
| 13 แสดงค่าพิกัดตำแหน่งพิกเซลของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนบนภาพถ่ายดาวเทียม | 76 |
| 14 แสดงตัวอย่างตารางค่าอุณหภูมิที่ได้จากการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม | 77 |
| 15 แสดงตัวอย่างตารางค่าช่วงเวลาเมมเบรน(CCD)ที่จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆ | 78 |
| 16 การหาจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสมสมสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา | 80 |
| 17 แสดงการตรวจสอบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน | 82 |
| 18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ณ จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม 224 เคลวิน ภายใต้เงื่อนไขปริมาณฝนต่างๆ กัน | 84 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

19 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าฝนจริงกับค่าการประมาณฝนจากสมการ

Rain_{est} = 97.337+3.722CCD_IR1 8620 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ก่อนและหลังการคัดเลือกข้อมูล 8821 แสดงสมการสำหรับการประมาณปริมาณฝน สำหรับบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลอง
อุตตะเภา 107

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 แสดงแนวเส้นทางของลำน้ำคลองอู่ตะเภา และตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝนตามแนวลำน้ำคลองอู่ตะเภาในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา | 5 |
| 2 แสดงลำน้ำคลองอู่ตะเภาและลำน้ำย่อยที่ไหลมาบรรจบ | 6 |
| 3 แสดงทางเดินพายุและรสมุที่พัดผ่านประเทศไทย | 10 |
| 4 โครงการข่ายสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำ (กรมชลประทาน) | 14 |
| 5 สถานีเฝ้าระวังและตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา(กรมชลประทาน) | 16 |
| 6 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา | 18 |
| 7 โครงการข่ายสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาปัจจุบันและที่จะติดตั้งเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2545 | 19 |
| 8 แสดงเส้นทางที่ดาวเทียม NOAA เคลื่อนที่ผ่านในระหว่างการสำรวจรอบโลก | 28 |
| 9 แสดงตำแหน่งของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาและแสดงวงโคจรรอบโลกทั้ง 2 ชนิด | 31 |
| 10 แสดงขอบเขต และความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากดาวเทียม GMS-5 | 51 |
| 11 แสดงรูปขยาย 1 เพื่อแสดงช่องกริดทุก ๆ 1 องศา | 51 |
| 12 แสดงรูปขยาย 2 เพื่อแสดงช่องกริดทุก ๆ 1/20 องศา | 52 |
| 13 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสัญญาณ IR1 วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น. ในประเทศไทย | 62 |
| 14 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสัญญาณ IR2 วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น. ในประเทศไทย | 63 |
| 15 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสัญญาณ IR3 (Water Vapour) วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น.ประเทศไทย | 64 |
| 16 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ (VIS) วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น.ประเทศไทย | 65 |
| 17 แสดงขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ และขอบเขตพื้นที่ศึกษาของดาวเทียม GMS-5 | 66 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 18 แสดงของเบตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ ของดาวเทียม GMS-5 | 67 |
| 19 แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่โลก | 68 |
| 20 DOUBBLE MASS CURVE ของฝนที่สถานี 58022 (ที่ว่าการอำเภอหาดใหญ่) | 70 |
| 21 DOUBBLE MASS CURVE ของฝนที่สถานี 58112 (สถานีตรวจอากาศเกษตร-คอ หงส์) | 71 |
| 22 DOUBBLE MASS CURVE ของฝนที่สถานี 58210 (โครงการชลประทานคลอง ราด) | 72 |
| 23 DOUBBLE MASS CURVE ของฝนที่สถานี 58232 (ที่ว่าการอำเภอหาหมื่น) | 73 |
| 24 DOUBBLE MASS CURVE ของฝนที่สถานี 58332 (สถานีวัดน้ำฝนสนามบิน หาดใหญ่) | 74 |
| 25 DOUBBLE MASS CURVE ของฝนที่สถานี 58341 (คลองอู่ตะเภา (x.173) บ้าน คลองและ อำเภอหาดใหญ่) | 75 |
| 26 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของการทดสอบหาจุดเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิที่เหมาะสมแต่ละอุณหภูมิ | 81 |
| 27 กราฟแสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าฝนจริงกับค่าการประมาณฝนจากสมการ $Rainest = 97.337 + 3.722CCD_IR1$ | 87 |
| 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาแมมนเข็นของ IR1 (CCD_IR1) ภายใต้เงื่อนไข $Rain \geq 35$ ก่อนการคัดเลือกข้อมูล | 89 |
| 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาแมมนเข็นของ IR1 (CCD_IR1) ภายใต้เงื่อนไข $Rain \geq 35$ หลังการคัดเลือกข้อมูล | 89 |
| 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาแมมนเข็นของ IR2 (CCD_IR2) ภายใต้เงื่อนไข $Rain \geq 35$ ก่อนการคัดเลือกข้อมูล | 90 |
| 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาแมมนเข็นของ IR2 (CCD_IR2) ภายใต้เงื่อนไข $Rain \geq 35$ หลังการคัดเลือกข้อมูล | 90 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- | | | |
|----|---|-----|
| 56 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาแมมนเข็นของ IR3 (CCD_IR3) ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล | 103 |
| 57 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาแมมนเข็นของ IR3 (CCD_IR3) ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 หลังการคัดเลือกข้อมูล | 103 |

การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณคุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ในช่วงมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ

Satellite Based Rainfall Estimation Over U-Taphao River Basin during Northeast Monsoon

คำนำ

ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2531 และเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2543 ที่ผ่านมาได้เกิดน้ำท่วมใหญ่ขึ้นในหลายอำเภอของบริเวณคุ่มน้ำอู่ตะเภา จังหวัดสกลนคร ซึ่งอยู่ในช่วงอิทธิพลของมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือทั้งสองเหตุการณ์ ดังนั้นจึงเกิดความคิดที่จะนำดาวเทียมมาช่วยในการประมาณการเกิดฝน เพื่อที่จะได้มีการเตรียมพร้อม สำหรับสถานการณ์ไม่คาดฝันที่อาจเกิดขึ้น โดยก่อนที่จะสามารถนำดาวเทียมมาใช้ประโยชน์ได้ ประการแรกจึงต้องศึกษาลักษณะการทำงานของดาวเทียม ประการที่สอง ศึกษาความถูกต้องของการประมาณฝนด้วยดาวเทียม และประการสุดท้าย ถ้าดาวเทียมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในการประมาณฝน ก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเตือนภัยทางน้ำ และป้องกันน้ำท่วมได้ โดยเฉพาะในช่วงที่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในอดีต นั่นก็คือช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือนั่นเอง

เหตุที่จำเป็นต้องทำการศึกษา เพราะปัจจุบันการทำนายฝนที่มีความเข้มสูงและตกต่อเนื่อง เป็นเวลานานทำให้เกิดน้ำท่วมอย่างเล็กน้อย ในการประมาณ ปัจจุบันใช้วิธีการที่นำมาจากต่างประเทศ บางครั้ง ใช้ได้ไม่ดีในประเทศไทย ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการประมาณ หรือพยากรณ์ ฝนในประเทศไทยต่อไป โดยช่วงเวลาที่ทำการศึกษารอบคุณมากกว่าช่วงเวลามรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และช่วงที่เหมาะสมสำหรับ การศึกษารังสี คือช่วงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2543 ถึงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2544 และช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2545 ซึ่งดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาคือดาวเทียม GMS-5 ของประเทศไทย นึ่งจากเป็นดาวเทียมที่โครงการอุปโภคบริโภคของเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษา และข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมดวงนี้สามารถนำมาได้จากเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไปแล้วจึงเป็นการเหมาะสมสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษา

วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการประมาณ份นบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาให้ได้ค่าการประมาณที่ใกล้เคียง份ที่
ตกลงมากที่สุด และใช้วิธีประมาณค่าที่ใช้ได้ดีที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ดังนั้นจึงต้อง
กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้ คือ

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของ份ซึ่งเกิดจากลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณพื้นที่ลุ่ม
น้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา
2. เพื่อให้ได้วิธีการประมาณปริมาณ份ด้วยดาวเทียมที่เหมาะสม สำหรับลุ่มน้ำคลองอู่
ตะเภาในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
3. เพื่อให้ทราบวิธีการประมาณปริมาณ份ที่เหมาะสม โดยการใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา
4. เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณ份ด้วยดาวเทียมที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในอนาคต

ขอบเขตการศึกษา

เนื่องด้วยจังหวัดสงขลา มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างร้อนชื้น 份ตกชุดตลอดทั้งปี และมีพายุ
2 ฤดู โดยที่ ฤดูฝน คือ ในช่วงเดือนมิถุนายน-มกราคม และฤดูร้อน คือในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-
พฤษภาคม ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ทำการศึกษาจึงอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน-มกราคม เพราะเป็นช่วงฤดู
份 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถกำหนดขอบเขตการศึกษาได้ดังนี้

1. ขอบเขตพื้นที่ที่จะศึกษาคือ บริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา
2. ช่วงเวลาที่ใช้เพื่อทำการศึกษาได้แก่ ช่วงระหว่างเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือน
มกราคม ปี พ.ศ. 2546
3. ดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาคือ ดาวเทียม GMS-5 ของประเทศไทย
4. ข้อมูลที่ใช้คือ ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน และข้อมูลจากดาวเทียม ในช่วงเดือน มิถุนายน
ปี พ.ศ. 2543 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2544 และช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือน มกราคม
ปี พ.ศ. 2545

การตรวจเอกสาร

ลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไป และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสกลนคร

1. ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสกลนครตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude) ที่ $6^{\circ} 28' 00''$ ถึง $7^{\circ} 10' 00''$ เหนือและเส้นแรง (Longitude) ที่ $100^{\circ} 00' 00''$ ถึง $100^{\circ} 40' 00''$ ตะวันออก รูปลักษณะของลุ่มน้ำเป็นลุ่มน้ำแบบรูปผสม (Complex basin) มีขอบเขตของลุ่มน้ำดังนี้ (ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารฯ, 2544)

| | |
|-------------|---|
| ทิศเหนือ | ติดทะเลสาบสกลนคร |
| ทิศใต้ | ติดประเทศไทย |
| ทิศตะวันออก | ติดอำเภอนาทวีและอำเภอจะนะ จังหวัดสกลนคร |
| ทิศตะวันตก | ติดอำเภอรัตนมิจังหวัดสกลนคร และอำเภอควบคุมกาหลง จังหวัดสตูล |

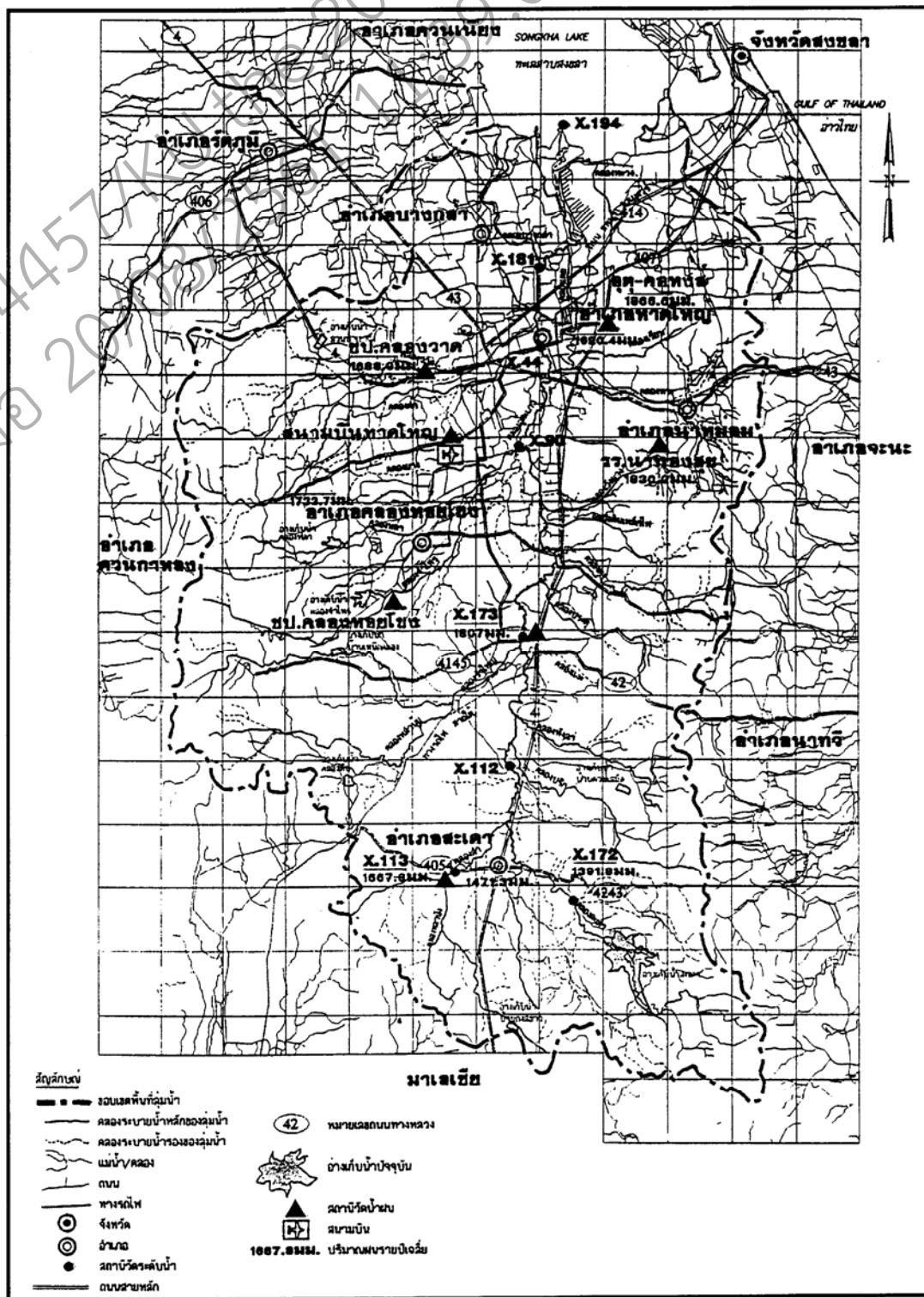
ลุ่มน้ำอู่ตะเภาเป็นลุ่มน้ำขนาดปานกลาง มีพื้นที่รับน้ำ 2,420 ตารางกิโลเมตร ต้นกำเนิดของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาอยู่บริเวณเขตเทือกเขาอยต่อชายแดนไทย-มาเลเซีย ไปจนถึงปากน้ำทะเลสาบสกลนคร ที่บ้านแหลมโพธิ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสกลนคร ปากคลุ่มพื้นที่ในเขตของอำเภอสะเดา กิ่งอำเภอคลองหอยโ่ง ออำเภอหมื่น กิ่งอำเภอบางคล้า และอำเภอหาดใหญ่ คิดเป็นอัตราส่วนของพื้นที่แต่ละอำเภอต่อพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาทั้งหมดประมาณ 30%, 10%, 7%, 10% และ 43% ตามลำดับ มีลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาเป็นลำน้ำหลักไหลผ่าน (ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารฯ, 2544)

ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา มีลักษณะเป็นลุ่มน้ำแบบผสม (ลุ่มน้ำแบบรูปบนกรรมรวมกับลุ่มน้ำแบบรูปวงกลม) ซึ่งมีแนวเทือกเขางูเป็นขอบเขตลุ่มน้ำในทางทิศตะวันตก ทิศใต้ และทิศตะวันออก ส่วนทางทิศเหนือของระบบทะเลสาบสกลนคร จากลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำซึ่งขอบทางด้านทิศตะวันตกและด้านทิศตะวันออกเป็นพื้นที่สูงลาดเทไปยังทิศเหนือ จึงทำให้บริเวณ

เทศบาลนครหาดใหญ่กับทะเลสาบสงขลา มีลักษณะเป็นแอ่งรองรับน้ำ โดยลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา มีคลองอู่ตะเภาเป็นคลองระบายน้ำหลักมีความยาวประมาณ 112 กม. (จากอ่างเก็บน้ำสะเดาถึงทะเลสาบสงขลา) พาดผ่านกลางพื้นที่ลุ่มน้ำในแนวใต้-เหนือ มีความลาดชันเฉลี่ยของท้องน้ำเท่ากับ 1: 2,300 ตั้งแต่บริเวณสถานีวัดน้ำ X.111 (คลองสะเดา ที่บ้านไพร) ลงมาจนถึงบริเวณ สถานีวัดน้ำ X.44 (คลองอู่ตะเภา ที่บ้านโภกเสรีดอน) และจากบริเวณสถานีวัดน้ำ X.44 ไปจนถึงทะเลสาบสงขลา มีความลาดชันเฉลี่ยของท้องน้ำเท่ากับ 1: 10,000 ตามแน่งของสถานีโดยประมาณดังแสดงในภาพที่ 1 ที่นี่คลองอู่ตะเภา มีลักษณะคล้ายมากในบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำ (ความลาดชันของท้องน้ำสูง) และเป็นแนวตรงเมื่อเข้าสู่พื้นที่รับ ความลึกของคลองอู่ตะเภาอยู่ระหว่าง 4-10 เมตร และมีความกว้างคลองเฉลี่ยประมาณ 40 เมตร (ภาควิชาชีวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [วศ.ทน. มก.], 2545)

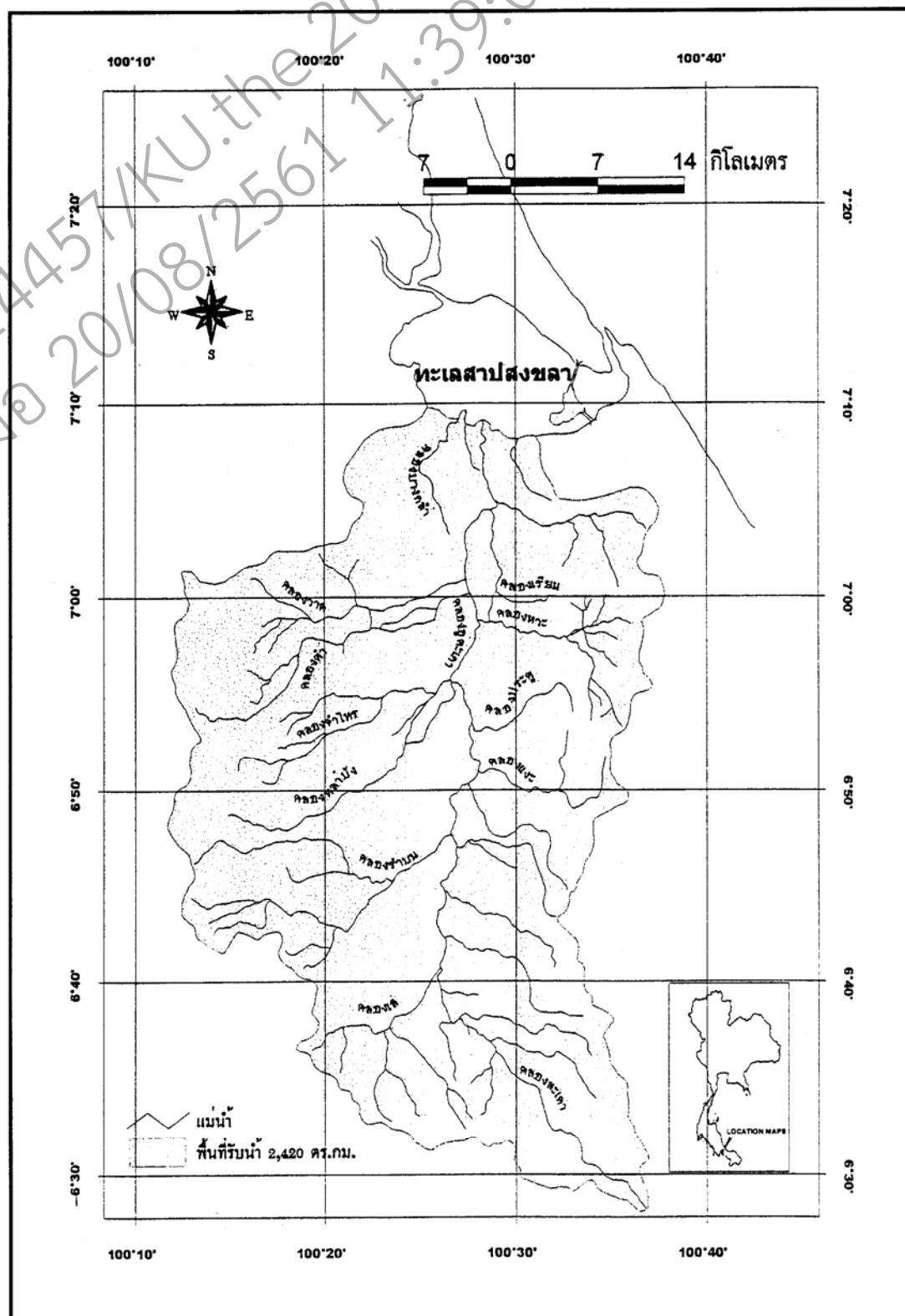
ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา มีสภาพภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ พื้นที่ลาดเทจากทิศใต้ลงสู่ทิศเหนือ มีค่าระดับผิวน้ำอยู่ระหว่าง +350 ม.รทก. ในทางทิศใต้ลาดเทลงมาจนถึง +0.00 ม.รทก. ในทางทิศเหนือ และมีพื้นที่รับระหว่างเทศบาลนครหาดใหญ่กับทะเลสาบสงขลา (ระดับ +0.00 ถึง +7.00 ม.รทก.) ส่วนด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกของลุ่มน้ำสภาพพื้นที่จะยกสูงเนื่องจากเป็นแนวสันเขา (ค่าระดับประมาณ +100 ถึง +600 ม.รทก.) และลาดเทสู่บริเวณพื้นที่ตอนกลางซึ่งเป็นที่รับ (บริเวณแนวคลองอู่ตะเภา) ระยะทางระหว่างขอบพื้นที่ด้านตะวันตกถึงคลองอู่ตะเภา มีค่าประมาณ 25-30 กม. ส่วนระยะทางระหว่างขอบพื้นที่ด้านตะวันออกถึงคลองอู่ตะเภา มีค่าประมาณ 10-25 กม. จึงทำให้พื้นที่รับน้ำน้ำที่สูงขึ้นของคลองอู่ตะเภา (ตามแนวทิศเหนือ) มีพื้นที่รับน้ำมากกว่าพื้นที่ที่สูงขึ้นของคลองอู่ตะเภา ในขณะที่พื้นที่ที่สูงขึ้นของคลองอู่ตะเภาจะมีความลาดชันของผิวดินมากกว่า (วศ.ทน. มก., 2545)

นอกจากลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาที่เป็นลุ่มน้ำสายหลักของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา แล้วยังมีลุ่มน้ำสาขาหลายสายที่มีความสำคัญต่อการเกิดน้ำท่วมของบริเวณเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ได้แก่ ลุ่มน้ำคลองพังปลา คลองหลา คลองจำไหร คลองเรียน คลองหวะ คลองต่า คลองวาด ฯลฯ ดังแสดงในภาพที่ 2 และจากพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ทั้งหมดประมาณ 2,420 ตารางกิโลเมตร สามารถแบ่งออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาด้านฝั่งตะวันออก 924 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาด้านฝั่งตะวันตก 1,496 ตารางกิโลเมตร โดยมีรายละเอียดของลุ่มน้ำทั้ง 2 ฝั่ง (ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2544) ดังนี้คือ



ภาพที่ 1 แสดงแนวเส้นทางของคำน้ำคดlong อู่ตะเภา และตำแหน่งสถานีตรวจน้ำฝนตามแนวคำ
คำน้ำคดlong อู่ตะเภาในพื้นที่ลุ่มน้ำคดlong อู่ตะเภา

ที่มา: วศ.ทน. มก. (2545)



ภาพที่ 2 แสดงelman ภาคล่องอุ่นตะเกาและelman ย้อยที่ให้มาในระบบ
ที่มา: ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ (2544)

ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาด้านฝั่งตะวันออก ประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ ทั้งหมด 16 ลุ่มน้ำ ได้แก่

1. ลุ่มน้ำคลองต้นสะท้อน
2. ลุ่มน้ำคลองวังครกเมือง
3. ลุ่มน้ำคลองบ้านนาป้อง
4. ลุ่มน้ำคลองพังลา
5. ลุ่มน้ำคลองลำโล๊ะ
6. ลุ่มน้ำคลองแระ
7. ลุ่มน้ำคลองประทู
8. ลุ่มน้ำคลองปริก
9. ลุ่มน้ำคลองคง
10. ลุ่มน้ำคลองป้อม
11. ลุ่มน้ำคลองหวะ
12. ลุ่มน้ำคลองเรียน
13. ลุ่มน้ำคลองหัวยคุ
14. ลุ่มน้ำคลองพรุแคร
15. ลุ่มน้ำคลองหินเหล็กไฟ
16. พื้นที่ Flood Plain กับสบันนำ

ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาด้านฝั่งตะวันตก ประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ ทั้งหมด 9 ลุ่มน้ำ ได้แก่

1. ลุ่มน้ำคลองชัน
2. ลุ่มน้ำคลองเด'
3. ลุ่มน้ำคลองรำบวน
4. ลุ่มน้ำคลองคำใหญ่+ สำน้อบ
5. ลุ่มน้ำคลองจำไหร
6. ลุ่มน้ำคลองหาด
7. ลุ่มน้ำคลองต้า
8. ลุ่มน้ำคลองวาด
9. พื้นที่ Flood Plain กับสบันนำ

คุณลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำแสดงไว้ในตารางที่ 1

10.14451

the.2007.448

11:39:08

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะดูม្ហោ (Basin Characteristic) ของคุณน้ำคาดอุตสาหกรรมและคุณน้ำสาขา

| ที่ | คุณลักษณะของดูดักน้ำในแม่น้ำ | | | | ที่ | คุณลักษณะของดูดักน้ำที่ต้องดูแล | | | |
|---|------------------------------|---------------|------------|----------------|----------|---------------------------------|--------|---------------|----------------|
| | คุณน้ำ | พื้นที่ริมน้ำ | ความลักษณะ | ความหมายสำหรับ | | (DA.) | ค่า DA | พื้นที่ริมน้ำ | ความหมายสำหรับ |
| (ตร.กม.) | (ตร.กม.) | (กม.) | (กม.) | (กม.) | (ตร.กม.) | (กม.) | (กม.) | (กม.) | (ตร.กม.) |
| 1 คลองทั่วทั้งท่อน | 42.0 | 0.23000 | 13.00 | 6.12 | 1 | คลองชั้น | 64.9 | 0.00232 | 22.96 |
| 2 คลองวังคราภ្យ | 15.0 | 0.00443 | 10.62 | 5.58 | 2 | คลองเดี่ยว | 167.1 | 0.00128 | 29.26 |
| 3 คลองบ้านนาป้อม | 13.0 | 0.00925 | 7.00 | 3.95 | 3 | คลองริมน้ำ | 31.6 | 0.00193 | 13.27 |
| 4 คลองพงค์ดา | 72.1 | 0.0035 | 21.52 | 12.30 | 4 | คลองสำราญ | 285.5 | 0.00136 | 42.74 |
| 5 คลองตีไธេ | 24.0 | 0.00448 | 12.14 | 7.14 | 5 | คลองข้าวท่วง | 279.0 | 0.00169 | 39.95 |
| 6 คลองเมือง | 23.0 | 0.00318 | 10.00 | 4.95 | 6 | คลองหลัก | 110.0 | 0.00080 | 30.00 |
| 7 คลองประตូ | 59.6 | 0.00265 | 21.60 | 11.50 | 7 | คลองสาขา | 151.4 | 0.00220 | 40.42 |
| 8 คลองน้ำปริก | 50.0 | 0.00254 | 22.30 | 12.20 | 8 | คลองจราจรสาน្ត梓 | 192.3 | 0.00210 | 40.87 |
| 9 คลองเจ | 82.7 | 0.00093 | 23.69 | 13.51 | 9 | สายน้ำ+Flood Plain | 214.2 | - | - |
| 10 คลองบ่ออม | 31.8 | 0.00412 | 15.80 | 9.20 | | ริมน้ำ+Flood Plain | 1496.0 | - | - |
| 11 คลองหัว | 115.1 | 0.00267 | 20.86 | 12.38 | | | | | |
| 12 คลองเรียน | 20.2 | 0.0024 | 11.36 | 6.39 | | | | | |
| 13 คลองหัวขោគ | 49.9 | 0.00162 | 19.30 | 8.80 | | | | | |
| 14 คลองพ្យិក | 21.4 | 0.00087 | 4.84 | 2.95 | | | | | |
| 15 คลองพินเขือកាហុវត្ថុ | 30.8 | 0.00149 | 10.90 | 5.19 | | | | | |
| 16 สมំរៀន+Flood Plain រាយពាណិជ្ជកម្ម | 273.0 | - | - | - | | | | | |
| | 923.6 | - | - | - | | | | | |

ที่มา: ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุตสาหกรรมและบริหารน้ำ (2544)

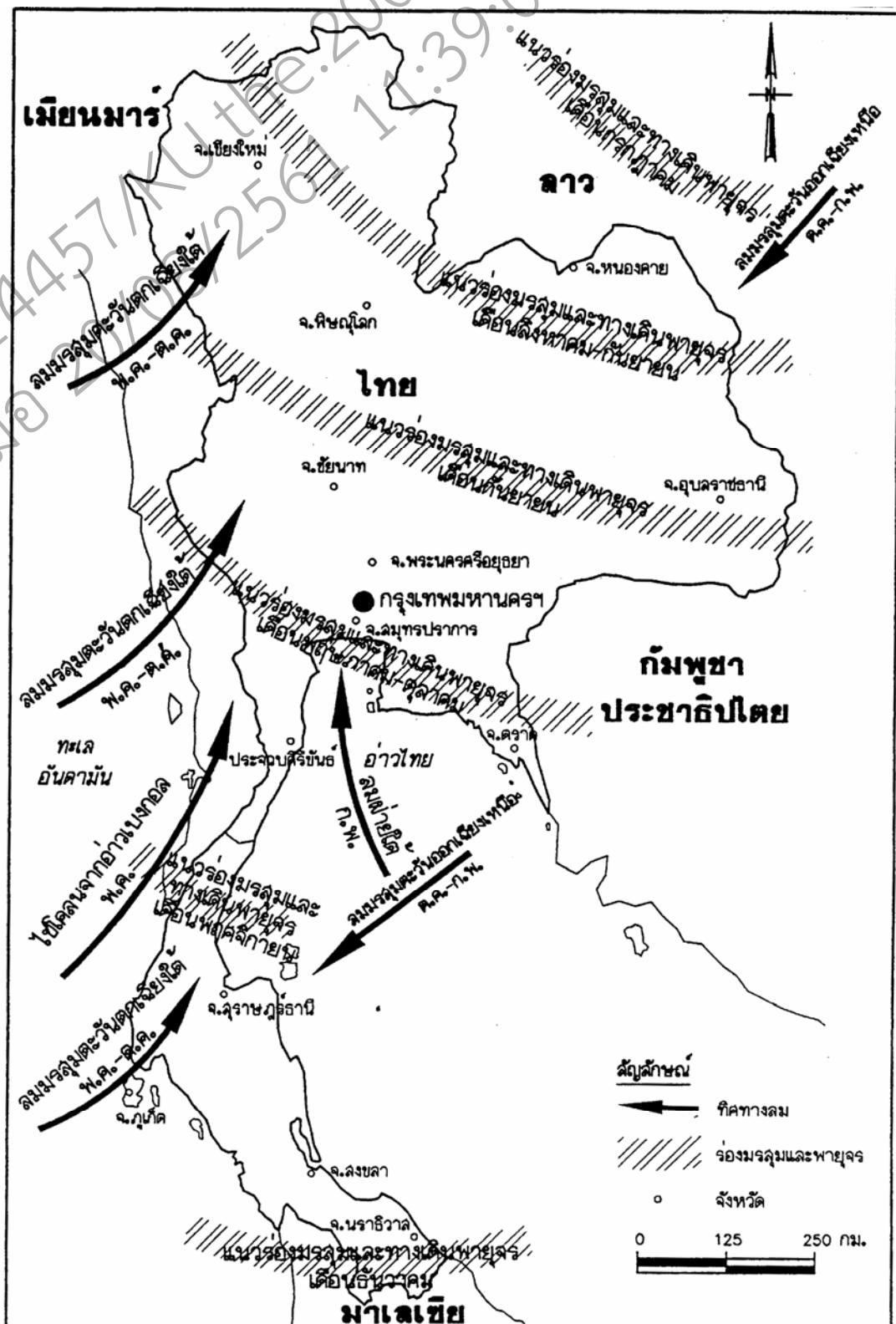
1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาเป็นลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนตกชุดเกือบตลอดทั้งปีได้รับอิทธิพลทั้งจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนพฤษจิกายนถึงปลายเดือนกรกฎาคม นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากพายุจร ที่ก่อตัวขึ้นในทะเลจีนใต้ตอนล่างหรืออ่าวไทย พัดพาดผ่านและเคลื่อนตัว ขึ้นฝั่งแอบบริเวณภาคใต้ผ่านตะวันออก ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในภาพที่ 3 เป็นผลทำให้ในช่วงฤดูนี้เกิดน้ำท่วมบริเวณที่ลุ่มน้ำ (ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2544)

ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำ ประมาณ 1,677.8 มิลลิเมตร โดยปีที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดคือปี พ.ศ. 2543 ค่าปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 2,623 มิลลิเมตร และปีที่มีค่าปริมาณน้ำฝนต่ำสุดคือปี พ.ศ. 2509 ค่าปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 960.6 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีไม่ร้อนจัดประมาณ 27.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 31.9 องศาเซลเซียส อุ่นในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดของสถิติเกิดในเดือนเมษายน อุณหภูมิสูงประมาณ 39.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 23.3 องศาเซลเซียส อุ่นในช่วงระหว่างเดือนพฤษจิกายนถึงมกราคม โดยมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดของสถิติเกิดเดือนมกราคม อุณหภูมิต่ำประมาณ 17.2 องศาเซลเซียส

อัตราค่าการระเหยตลอดทั้งปีประมาณ 1,619.5 มิลลิเมตร โดยหากสถิติที่ทำการตรวจวัดเดือนมีนาคม เป็นเดือนที่มีอัตราการระเหยมากที่สุด ประมาณ 170.1 มิลลิเมตร และเดือนพฤษจิกายนเป็นเดือนที่มีอัตราการระเหยน้อยที่สุด ประมาณ 95.9 มิลลิเมตร

ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปี ประมาณ 79% โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดประมาณ 94% โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดของสถิติเดือนพฤษจิกายนประมาณ 96% ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 62% โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดของสถิติเดือนมีนาคมประมาณ 25%



ภาพที่ 3 แสดงทางเดินพายุและมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: วศ.ทน. มก. (2545)

2. ฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ช่วงวันที่ 21 – 25 พฤศจิกายน 2543

เนื่องจากลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้พัดปกคลุมบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ทำให้พื้นที่หลายจังหวัดในเขตของภาคใต้เกิดฝนตกหนักมากทั่วพื้นที่ และเกิดน้ำท่วมฉับพลัน (Flash flood) โดยเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ได้ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมอย่างรุนแรงในเขตของเทศบาลนครหาดใหญ่และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งมีความรุนแรงของระดับน้ำท่วมมากกว่าประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดอุทกภัยของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา เมื่อเดือนพฤษจิกายน 2531 (ส่วนอุกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2544)

สาเหตุที่เกิดน้ำท่วมฉับพลันในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และมีความรุนแรงมากเนื่องจากว่าที่ตั้งของตัวเมืองหาดใหญ่ซึ่งเป็นเมืองศูนย์กลางทางด้านเศรษฐกิจการค้าของภาคใต้ มีลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งรูปกะทะ เมื่อฝนเป็นที่ร่องรับน้ำจากลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ ที่ไหลลงมาจะต้องผ่านเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งหลักเลี้ยงไม่พ้นเมื่อเกิดฝนตกหนักมากติดต่อกันนานถึง 3 วัน กล่าวคือ ทางด้านทิศตะวันออกมายังลุ่มน้ำคลองระหว่างมีต้นน้ำอยู่ในเขตของอำเภอหมู่ม และลุ่มน้ำคลองเรียน ซึ่งมีต้นกำเนิดบริเวณที่อุกขาคองหงส์ในเขตอำเภอหาดใหญ่ ด้านทิศใต้เป็นลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา และลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ ส่วนทางด้านทิศตะวันตกเป็นลุ่มน้ำคลองต่ำและลุ่มน้ำคลองวาด

จากลุ่มน้ำสาขาดังกล่าวเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนจะเห็นว่าในช่วงวันที่ 18 - 20 พฤศจิกายน 2543 ปริมาณน้ำฝนบนลุ่มน้ำคลองระหว่างจำนวน 204 ม.m. ลุ่มน้ำคองหงส์ จำนวน 214.2 ม.m. ลุ่มน้ำคลองวาดกับคลองต่ำจำนวน 250 ม.m. ในขณะที่ทางตอนบนของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา และลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณฝนตกหน้อยและจากปริมาณน้ำฝนของทั้ง 4 ลุ่มน้ำดังกล่าว เป็นผลทำให้เกิดปริมาณน้ำหลอกจากทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของลุ่มน้ำได้ไหลลงสู่ตัวลำน้ำคลองอู่ตะเภาแล้วมุ่งเข้าสู่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ประกอบกับในช่วงวันที่ 21 – 22 พฤศจิกายน 2543 ได้เกิดมีฝนตกหนักมากเต็มพื้นที่ทางตอนบนของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา เป็นผลทำให้มีปริมาณน้ำทำโดยรวมของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาและสาขาเกินกว่าความจุของลำน้ำธรรมชาติแต่ละคลองจะรับได้ (ความจุของลำน้ำคลองอู่ตะเภา ประมาณ 461.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ระดับ +6.94 เมตร (รทก.) ของสถานี X.44) จึงเกินปริมาณน้ำล้นตลิ่งและท่วมแฟ่อกไปตามพื้นที่ลุ่มต่ำโดยเฉพาะเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

การเกิดน้ำท่วมในเขตเมืองหาดใหญ่ เกิดจากลำน้ำที่มารจากที่อุบลราชธานีของสีทางด้านทิศตะวันออกของลุ่มน้ำไทรตามคลองเรียนเข้าสู่ใจกลางเมือง ตอนเย็นของวันที่ 21 พฤศจิกายน 2543 ในขณะที่ระดับน้ำที่สถานี X.44 คลองอู่ตะเภา ค่าระดับน้ำขึ้นต่ำกว่าต่ำลิ่งประมาณ 1 เมตร ขณะเดียวกันปริมาณน้ำที่มาจากการไหลลงคลองหัวกีดลิ่ง ลุ่มน้ำที่มารจากอุบลราชธานี ไหลลงคลองอู่ตะเภาอีกส่วนหนึ่งที่มาร่วมกันทั้งสองคลอง ทำให้ระดับน้ำเพิ่มระดับสูงขึ้น จนท่วมลุ่มคลองอู่ตะเภาได้

ในขณะเดียวกันในคืนวันที่ 21 พฤศจิกายน 2543 ปริมาณน้ำจากลำน้ำคลองต่ำ และคลองวัดที่ไหลบ่ามมาจากทิศตะวันตกลงคลองอู่ตะเภา ทำให้เกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่บ้านหาดใหญ่ (สถานี X.44) และปริมาณน้ำได้ท่วมแผ่นดินดินดอนลบูรีรามวรช ช่วงฝั่งขวาของลำน้ำคลองอู่ตะเภา และปริมาณน้ำส่วนหนึ่งได้ไหลบ่าข้ามทางรถไฟไปลงคลองอู่ตะเภาตอนล่าง เป็นผลทำให้วันที่ 22 พฤศจิกายน 2543 เป็นวันที่มีปริมาณน้ำท่วมเต็มทั่วพื้นที่เทศบาลกรหาดใหญ่ และระดับน้ำท่วมได้ยกระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลา 18.00 น. – 19.00 น. ในช่วงค่ำของวันที่ 23 พฤศจิกายน 2543 วัดระดับน้ำสูงสุดได้เท่ากับ 8.77 เมตร (รถก.) ที่สถานี X.44 มีปริมาณน้ำสูงสุด โดยการประเมินอ่านจากเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ (Rating Curve) มีค่าประมาณ 764.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (เฉพาะที่ตัวลำน้ำคลองอู่ตะเภา) ข้างที่ว่าการอ่านกอหาดใหญ่ ในขณะที่ทำการสำรวจปริมาณน้ำได้ท่วมลุ่นต่ำลิ่งแพ้ออกไปทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา แล้ว หลังจากนั้นตั้งแต่วันที่ 24 พฤศจิกายน 2543 มีฝนตกในลุ่มน้ำเล็กน้อย ระดับน้ำจึงลดลงอยู่ที่ระดับลิ่งสถานี X.44 คือระดับ 6.94 เมตร (รถก.) เมื่อเวลา 15.00 น. มีปริมาณน้ำประมาณ 461.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที วันที่ 25 พฤศจิกายน 2543 และระดับน้ำลดลงเรื่อยๆ จนเข้าสู่สภาพปกติ

ดังนั้นถ้าได้มีการประมาณฝนในแต่ละพื้นที่ได้ใกล้เคียงกับฝนที่เกิดจริงแล้ว ย่อมสามารถที่จะประมาณฝนที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้ และชั้งทำให้สามารถนำมาใช้ในการประมาณปริมาณน้ำหากที่จะเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ได้ ซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้ในการเตือนภัย หรืออพยพประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ที่คาดว่าจะเกิดน้ำท่วมอย่างเฉียบพลันได้ทันท่วงที ด้วยเหตุนี้จึงหากมีการประมาณฝนโดยดาวเทียมซึ่งมีขอบเขตปีกคลุมพื้นที่ได้กว้างและสามารถทำได้ในพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนได้ หรือพื้นที่ที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝน ก็จะช่วยบรรเทาปัญหา และความเสียหายอย่างรุนแรงที่เกิดขึ้นได้

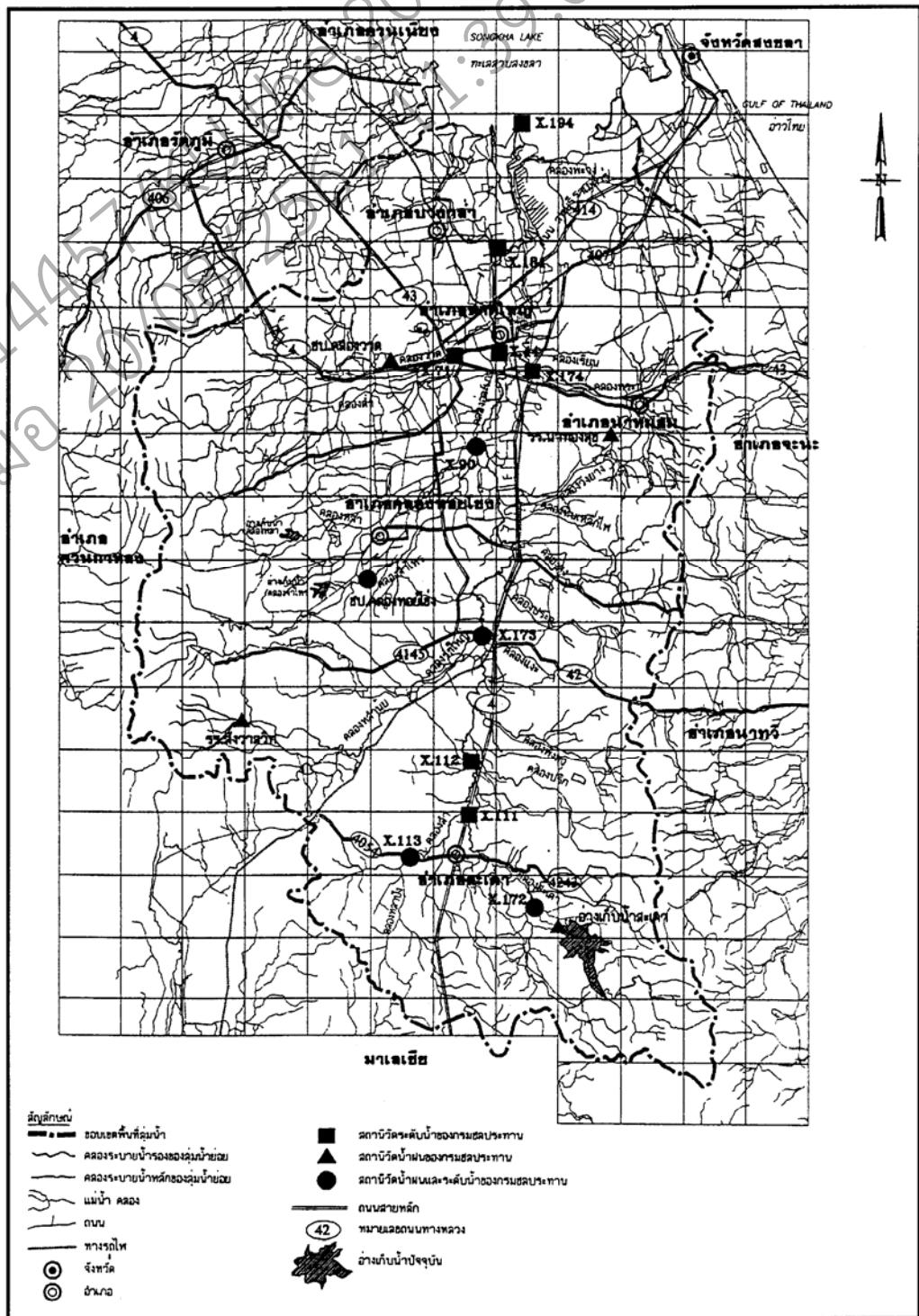
3. สถานีตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณพื้นที่สูมน้ำคลองอู่ตะเภาและพื้นที่ใกล้เคียง

ปัจจุบันในสูมน้ำคลองอู่ตะเภาได้มีตรวจวัดปริมาณฝนและระดับน้ำเพื่อใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมจาก 2 หน่วยงานหลัก ได้แก่ กรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยา รายละเอียดของการตรวจวัดของทั้ง 2 หน่วยงาน สามารถสรุปได้ดังนี้ (วศ.ทน. มก., 2545)

3.1 กรมชลประทาน

กรมชลประทานได้จัดตั้งสถานีวัดน้ำฝนและระดับน้ำในสูมน้ำคลองอู่ตะเภารวมทั้งหมด 16 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 4 เป็นสถานีวัดน้ำฝนเพียงอย่างเดียว 4 สถานี วัดระดับน้ำเพียงอย่างเดียว 7 สถานี และเป็นสถานีวัดน้ำฝนและระดับน้ำ 5 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 2

การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของกรมชลประทานจะอาศัยถังวัดน้ำฝน โดยจะให้ปริมาณฝนรวมตามเวลาที่ทำการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนในถังวัดน้ำฝน ทั้งนี้วิธีการวัดดังกล่าวจะไม่สามารถทราบถึงการกระจายตัวของฝนตามช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ ในปี พ.ศ. 2544 กรมชลประทาน โดยสำนักพัฒนาแหล่งน้ำ 5 สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ สำนักชลประทานที่ 12 และ วศ.ทน. มก. ได้ดำเนินการเฝ้าระวังอุทกภัยในสูมน้ำคลองอู่ตะเภา โดยได้จัดตั้งสถานีเฝ้าระวังและตรวจวัดปริมาณฝนในสูมน้ำคลองอู่ตะเภาทั้งหมด 7 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 5 และได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝนแบบอัตโนมัติ Tipping bucket เพื่อตรวจวัดการกระจายตัวของฝนเป็นมิลลิเมตรในแต่ละช่วงเวลา 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง (วศ.ทน. มก., 2545)



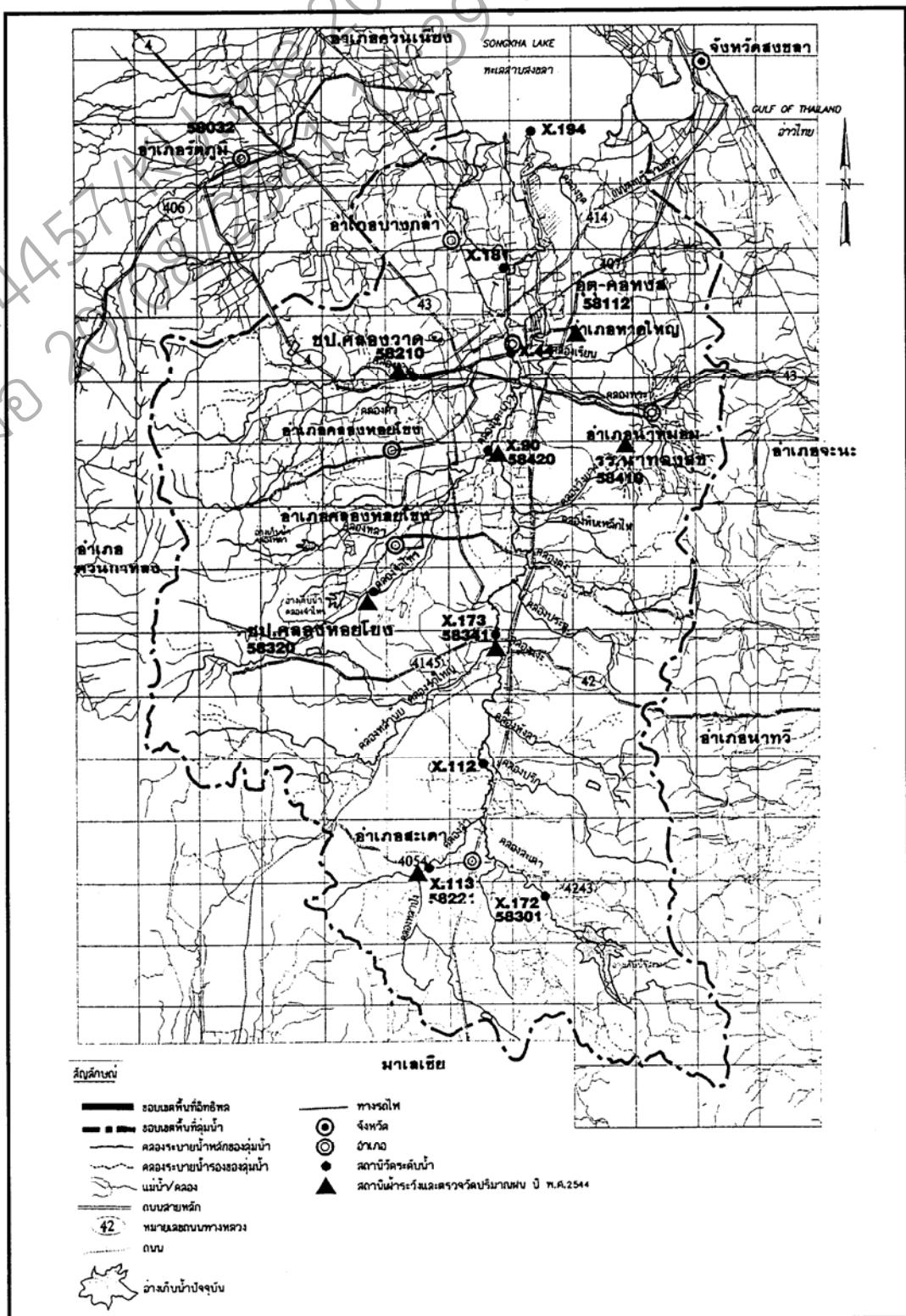
ภาพที่ 4 โครงการข่ายสถานีวัดน้ำฝืนและสถานีวัดน้ำ (กรมชลประทาน)

ที่มา : วศ.ทน. มก. (2545)

ตารางที่ 2 สถานีวัดน้ำฝนและระดับน้ำของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

| ลำดับที่ | ชื่อสถานี | ข้อมูลที่ตรวจวัด | |
|----------|----------------------------------|------------------|-------------|
| | | วัดน้ำฝน | วัดระดับน้ำ |
| 1 | อ่างเก็บน้ำสะเดา | X | - |
| 2 | สถานี X.172 | X | X |
| 3 | สถานี X.113 | X | X |
| 4 | สถานี X.111 | - | X |
| 5 | สถานี X.112 | - | X |
| 6 | โรงเรียนสังวาลวิท | X | - |
| 7 | สถานี X.173 | X | X |
| 8 | โครงการชลประทานคลองจำไทร-หอยโข่ง | X | X |
| 9 | สถานี X.90 | X | X |
| 10 | โครงการชลประทานคลองวัด | X | - |
| 11 | สถานี X.71 | - | X |
| 12 | สถานี X.174 | - | X |
| 13 | สถานี X.44 | - | X |
| 14 | สถานี X.181 | - | X |
| 15 | สถานี X.194 | - | X |
| 16 | โรงเรียนนาท่องสุข | X | - |

ที่มา: วศ.ทน. มก. (2545)



ภาพที่ 5 สถานีเฝ้าระวังและตรวจปริมาณนำฝนในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา (กรมชลประทาน)
ที่มา : วศ.ทน. มก. (2545)

3.2 กรมอุตุนิยมวิทยา

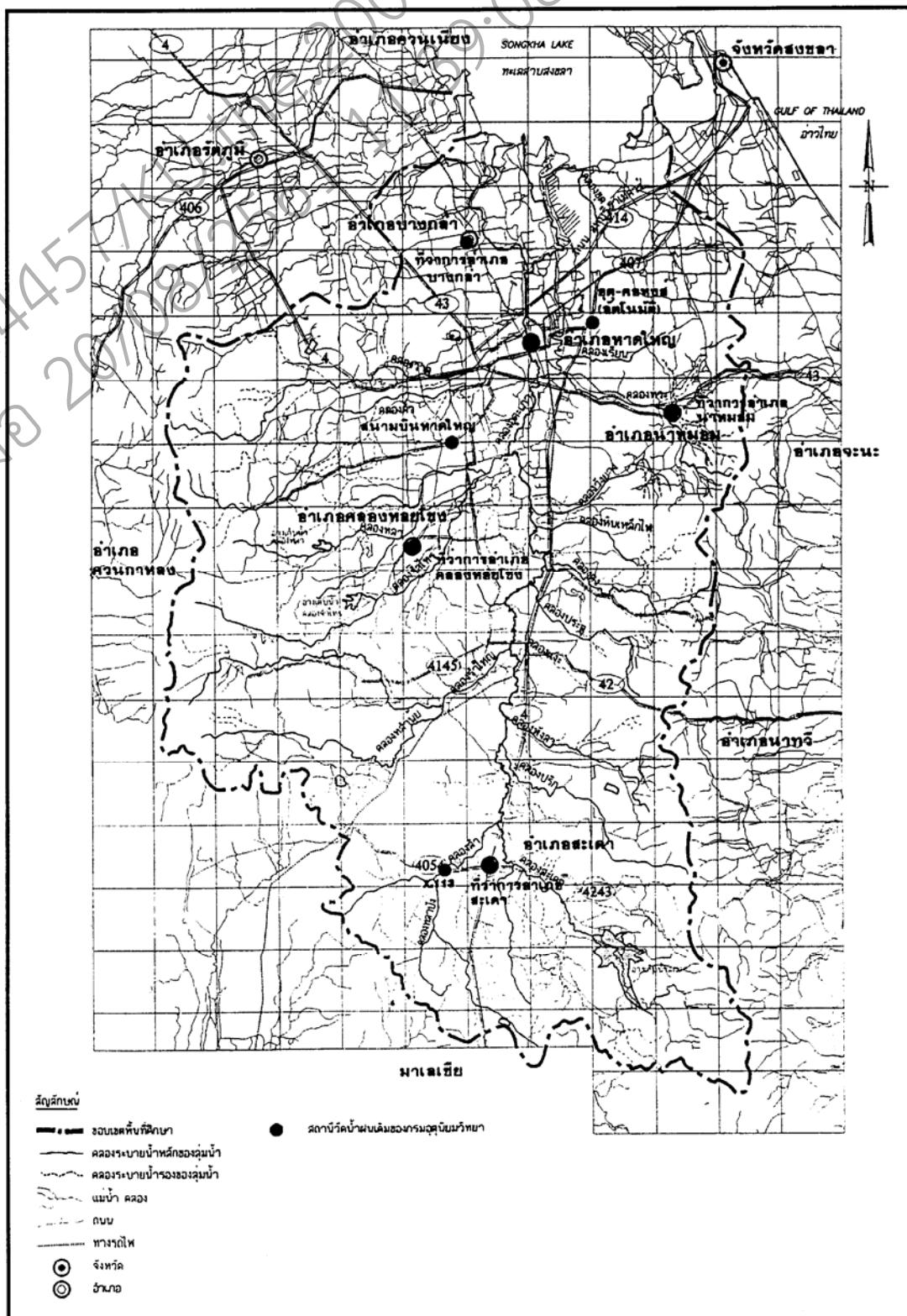
กรมอุตุนิยมวิทยาได้นิ่งเน้นการตรวจวัดปริมาณฝนเป็นสำคัญ โดยก่อนปี พ.ศ. 2544 กรมอุตุนิยมวิทยามีสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภารวม 8 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยที่ใน 8 สถานีจะเป็นสถานีวัดปริมาณฝนเพียงอย่างเดียว 7 สถานี และเป็นสถานีวัดทั้งปริมาณฝนและระดับน้ำ 1 สถานี การตรวจวัดน้ำฝนจะรายงานการตรวจวัดเป็นรายวัน รายเดือน และรายปี ทั้งนี้จะมีเพียงสถานีวัดน้ำฝนเพียง 3 สถานีที่ตรวจวัดความเข้มฝน ได้แก่ สถานีวัดน้ำฝนสนามบินหาดใหญ่, สถานีตรวจอากาศเกษตรกรหนองส์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 3

นอกจากสถานีตรวจวัดน้ำฝน 8 สถานีดังกล่าวแล้ว เพื่อให้การตรวจวัดปริมาณฝนปกคลุมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา และเพื่อให้การตรวจวัดมีความละเอียดมากขึ้น กรมอุตุนิยมวิทยาจึงได้จัดทำโครงการก่อสร้างสถานีตรวจวัดและพยากรณ์น้ำฝนอัตโนมัติ (ภายใต้แผนป้องกันอุทกภัยพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา) โดยในโครงการจะมีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด 20 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 7 และตารางที่ 4 การตรวจวัดฝนจะใช้อุปกรณ์วัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบ Tipping bucket และส่งข้อมูลด้วยระบบสายไฟฟ้าที่เป็นหลักและในบางสถานีจะใช้ระบบวิทยุในการส่งข้อมูล

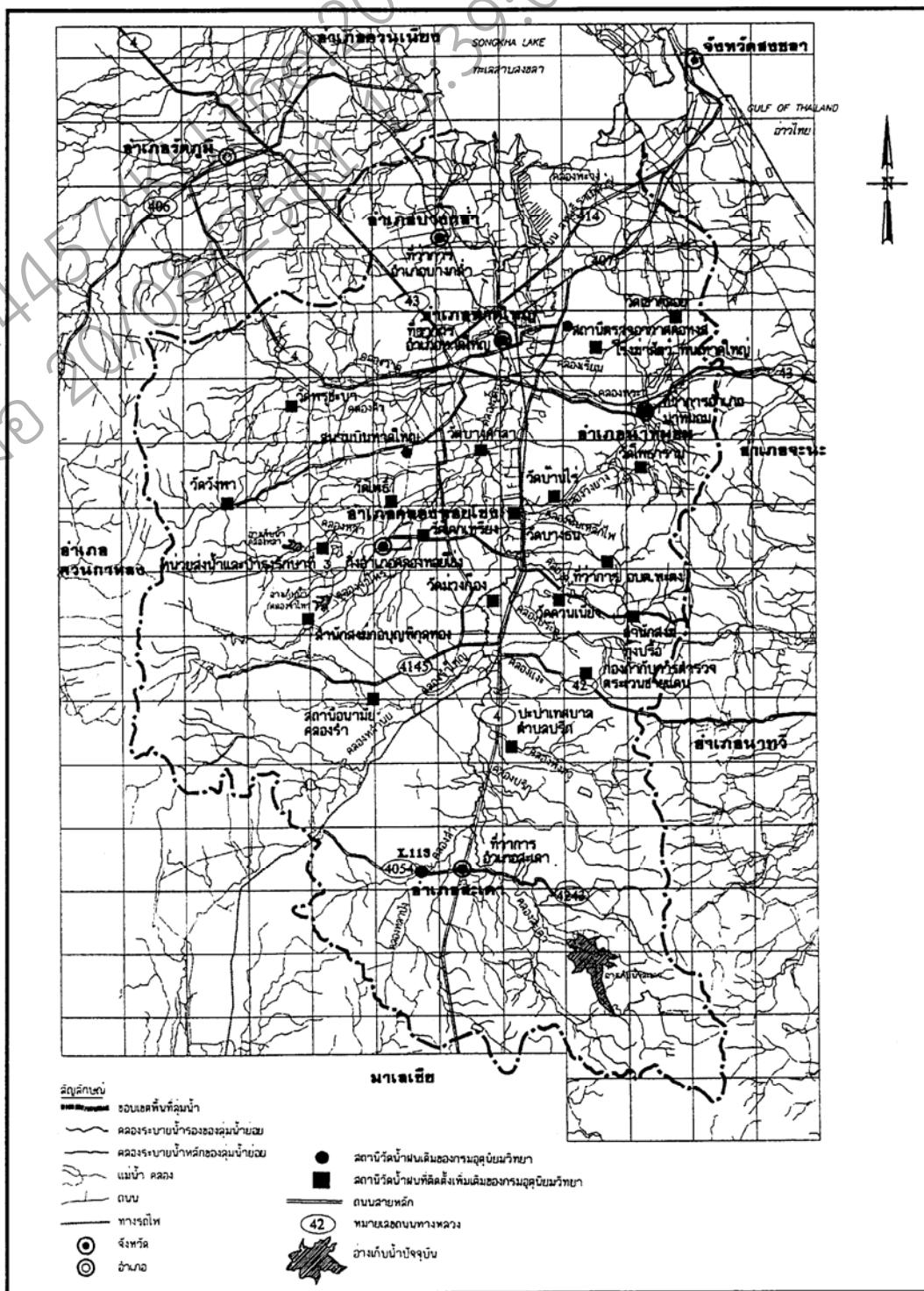
ตารางที่ 3 สถานีวัดน้ำฝนและระดับน้ำของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

| ลำดับที่ | ชื่อสถานี | ละติจูด | ลองติจูด | วัดน้ำฝน | วัดระดับน้ำ |
|----------|------------------------------|-----------|------------|----------|-------------|
| 1 | ที่ว่าการอำเภอสะเดา | 06°38'10" | 100°25'30" | X | - |
| 2 | ที่ว่าการอำเภอคลองหอยโข่ง | - | - | X | - |
| 3 | ที่ว่าการอำเภอหาดใหญ่ | 07°00'03" | 100°27'40" | X | - |
| 4 | ที่ว่าการอำเภอนาหมื่นม | 06°58'30" | 100°33'27" | X | - |
| 5 | ที่ว่าการอำเภอทางกล้า | - | - | X | - |
| 6 | สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกศาสตร์ | - | - | X | - |
| 7 | สถานีวัดน้ำฝนสนามบินหาดใหญ่ | 06°55'00" | 100°24'25" | X | - |
| 8 | สถานีตรวจอากาศเกษตรกรหนองส์ | 07°00'50" | 100°30'00" | X | - |

ที่มา : วศ.ทน. นก. (2545)



ภาพที่ 6 ตำแหน่งสถานีวัดระดับน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา
ที่มา: วศ.ทน. มก. (2545)



ภาพที่ 7 โครงการข่ายสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาปัจจุบันและที่จะติดตั้งเพิ่มเติมในปี พ.ศ.

2545

ที่มา: วศ.ทน. มก. (2545)

**ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนและระบบไทรมาตรเพิ่มเติมในคุณน้ำคลองอู่ตะเภาของ
กรมอุตุนิยมวิทยา**

| ลำดับที่ | สถานี | ละติจูด | ลองติจูด |
|----------|---|------------|--------------|
| 1 | โรงช่างสัตต์ว์เทศบาลนครหาดใหญ่ ต.กองหงส์ อ.หาดใหญ่ | 6° 56' 45" | 100° 31' 31" |
| 2 | บ้านวังมะพร้าว บริเวณวัดเจากลอย ต.ท่าข้าม อ.หาดใหญ่ | 7° 01' 21" | 100° 34' 58" |
| 3 | บ้านนาหมื่อม ที่ว่าการ อ.นาหมื่อม | 6° 57' 22" | 100° 33' 38" |
| 4 | บ้านบางคลา วัดบางคลา ต.ทุ่งลาน อ.คลองหอยโข่ง | 6° 55' 42" | 100° 26' 33" |
| 5 | บ้านลานไทร วัดโพธาราม (วัดทุ่งย่านาง) หมู่ 2 ต.ทุ่งมึน อ.นาหมื่อม | 6° 54' 59" | 100° 33' 32" |
| 6 | บ้านไร่ วัดบ้านไร่ หมู่ 10 ต.บ้านพรุ อ.หาดใหญ่ | 6° 53' 36" | 100° 29' 50" |
| 7 | บ้านบางชน วัดบางชน ต.บ้านพรุ อ.หาดใหญ่ | 6° 52' 59" | 100° 28' 01" |
| 8 | บ้านคลองแสง วัดม่วงกึง ต.พังطا อ.สะเดา | 6° 49' 15" | 100° 26' 33" |
| 9 | บ้านทุ่งจัง ที่ทำการองค์กรบริหารส่วนตำบลพะထง (อบต.) | 6° 51' 17" | 100° 32' 17" |
| 10 | บ้านควนเนียง วัดควนเนียง ต.พะထง อ.หาดใหญ่ | 6° 49' 54" | 100° 30' 05" |
| 11 | บ้านทุ่งปรือ สำนักสงฆ์ทุ่งปรือ หมู่ 7 ต.พะထง อ.หาดใหญ่ | 6° 48' 48" | 100° 33' 29" |
| 12 | บ้านเขามีเกียรติ กองกำกับการ 9 ตำรวจตะเวนชายแดน (ค่ายท่านมูก) อ. สะเดา | 6° 45' 54" | 100° 30' 57" |
| 13 | บ้านพรุระบنا วัดพรุระบนา ต.ทุ่งดำเนสา อ.หาดใหญ่ | 6° 57' 45" | 100° 18' 31" |
| 14 | บ้านวังพา วัดวังพา หมู่ 9 ต.ทุ่งดำเนสา อ.หาดใหญ่ | 6° 53' 40" | 100° 15' 45" |
| 15 | บ้านคลองหลา หน่วยส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 คลองหลา ต.คลองหลา อ.คลองหอยโข่ง | 6° 51' 43" | 100° 19' 51" |
| 16 | บ้านโพธิ์ วัดโพธิ์ หมู่ 2 ต.คลองหอยโข่ง อ.คลองหอยโข่ง | 6° 53' 41" | 100° 22' 45" |
| 17 | บ้านโคกเหรียง วัดโคกเหรียง ต.คลองหอยโข่ง อ.คลองหอยโข่ง | 6° 52' 16" | 100° 24' 07" |
| 18 | บ้านเก่าร้าง สำนักสงฆ์ก่อนบุญพิกุลทอง หมู่ 6 ต.คลองหอยโข่ง อ.คลองหอยโข่ง | 6° 48' 51" | 100° 19' 36" |
| 19 | บ้านบ่อเกิด สถานีอนามัยคลองรำ ต.ทุ่งหม้อ อ.สะเดา | 6° 45' 23" | 100° 22' 24" |
| 20 | บ้านปริก ประปาเทศบาลตำบลบ้านปริก อ.สะเดา | 6° 42' 39" | 100° 26' 59" |

หมายเหตุ สถานีไทรมาตรคุณน้ำคลองอู่ตะเภา จำนวน 20 สถานี จะเริ่มปฏิบัติงานปลายปี พ.ศ.2545
ที่มา: วศ.ทน. มก. (2545)

ดาวเทียมและเทคนิคการประมาณฝนโดยใช้ดาวเทียม

4. ฝนและการวัดฝน

ฝนเป็นแหล่งน้ำหลักที่สำคัญที่สุดของมนุษย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาฝนเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำ ในส่วนของความพอดีเพียงและความต้องการของน้ำ การเกิดฝนแปรผันตามลักษณะของ ความถี่การเกิด (frequency), ช่วงเวลาฝนตก (duration), ความเข้มของฝนที่ตก (intensity) และการกระจายตามระยะทาง (spatial distribution) ดังนั้นในการสำรวจข้อมูลฝนต้องกระทำด้วยความถูกต้องแน่นอน ฝนในเขตโขนร้อน (tropical rainfall) โดยมากเป็นฝนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยกตัวขึ้นตามแนวตั้งของมวลอากาศร้อน (convective) ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตามบริเวณที่มีการยกตัวของมวลอากาศร้อน ดังนั้นจึงทำให้การกระจายตัวของฝนที่ตกล่มการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก ทั้งตามระยะทาง, เวลา และความเข้มฝน ลักษณะเช่นนี้จะมีผลทั้งทางตรง และทางอ้อม ต่อเศรษฐกิจสังคมในด้านต่างๆ เช่น ด้านการเกษตรกรรม, แหล่งน้ำ, การขนส่ง, การก่อสร้าง และอื่น ๆ อีกมากนัก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการวัดการตกของฝนในพื้นที่ตามเวลาจริงที่ฝนตก (real time) เพื่อที่จะดูผลกระทบในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของฝนนั้น อุปกรณ์หลายชนิดถูกใช้ในการวัด และประมาณฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งจะกล่าวถึงเพียงบางชนิด ดังต่อไปนี้

4.1 เครื่องมือวัดน้ำฝน (Rain gauges)

เครื่องมือวัดน้ำฝนสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด (วีระพล, 2533) คือ

4.1.1 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ (non-recording rain gauge) เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝนที่ไม่สามารถบันทึกปริมาณน้ำฝนได้ตลอดเวลา แต่จะวัดปริมาณน้ำฝนรวมในการอ่านแต่ละครั้งเท่านั้น เครื่องมือประเภทนี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันก็คือ แบบ standard 8-inch rain gauge โดยปกติแล้วการอ่านปริมาณน้ำฝนด้วยเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัตินี้จะกระทำวันละหนึ่งครั้งประมาณเวลา 7.00 น. หรือ 8.00 น.

4.1.2 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ (recording rain gauge) เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝนที่สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนที่ตก (intensity) และช่วงเวลาฝนตก (duration) ได้ ความลึกของน้ำฝนที่ตกจะบันทึกลงบนแผ่นกราฟ ซึ่งจะแบ่งเวลาให้ได้เพียงละ 24 ชั่วโมง สำหรับการเก็บการเปลี่ยนกระดายคราฟทุก ๆ วัน เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 ชนิด คือ แบบถังกระดัก (tipping bucket gauge), แบบชั่งน้ำหนัก (weighing gauge) และแบบทุ่นลอย (float gauge)

โครงการข่ายของสถานีวัดน้ำฝน (Precipitation-Gage Network) มีการจัดตั้งสถานีวัดน้ำฝนหลาย ๆ สถานีในบริเวณใกล้ ๆ กัน หรือการจัดตั้งสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศนั้นก็เพื่อวัดถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อหาข้อมูลใช้สำหรับงานพัฒนาแหล่งน้ำ
2. เพื่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้า
3. เพื่องานวิจัยและศึกษาทดลอง

ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่หนึ่ง ๆ นั้นขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
2. ความคล้ายคลึงกัน และความแตกต่างกันของสภาพลมฟ้าอากาศ
3. สภาพธรรมชาติของพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพของดิน ในแง่ของการพัฒนาเพื่อการเกษตร หรือการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดจากฝน
4. ความหนาแน่นของประชากรซึ่งเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ และการจัดหาคนอ่านข้อมูลน้ำฝน

องค์การอุตุนิยมวิทยาระห่วงประเทศไทยได้แนะนำความหนาแน่นน้อยที่สุดของโครงการข่ายสถานีวัดน้ำฝนที่ยอมให้ได้สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางอุตุนิยมวิทยาไว้ดังนี้

1. ในพื้นที่ที่ค่อนข้างรวมเรียบແแคบเมดิเตอร์เรเนียน หรือແแคบโซนร้อน ความหนาแน่นของเครื่องวัดน้ำฝนประมาณ 600 ถึง 900 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี

2. ในพื้นที่ที่เป็นหุบเขาและแม่น้ำหรือแม่น้ำที่มีความกว้างไม่กว่า 100 เมตร ความกว้างของแม่น้ำไม่กว่า 250 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี
3. ในพื้นที่บริเวณเกาะเล็ก ๆ และเต็มไปด้วยภูเขา มีสภาพฝนตกไม่สม่ำเสมอ และไม่แน่นอน ความกว้างของแม่น้ำไม่กว่า 25 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี
4. สำหรับบริเวณที่ค่อนข้างแห้งแล้ง และแบบขั้วโลก ความกว้างของแม่น้ำไม่กว่า 1,500 ถึง 10,000 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี

ข้อดี

1. ต้นทุนต่ำ และง่ายต่อการบำรุงรักษาและการอ่านข้อมูล
2. มีข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนหลายปี ทำให้สามารถที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในช่วงเวลานานขึ้น
3. สามารถเปรียบเทียบข้อมูลจากพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันได้

ข้อเสีย

1. ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงจุดเดียวในพื้นที่ ทำให้ยากที่จะได้ข้อมูลฝนที่ลูกต้องแน่นอนนอกจากนั้น การที่จะทำให้โครงข่ายเครื่องวัดน้ำฝนมีความกว้างมากขึ้น เพื่อที่จะวัดการกระจายตัวของฝนในเขตโชนร้อน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่สูงนั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น และกระทำได้ยากในทางปฏิบัติ

2. ในกรณีที่ไม่ใช่เครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ การอ่านข้อมูลจะกระทำเพียงวันละครั้ง ดังนั้นถ้าต้องการข้อมูลที่เกิดขึ้นในเวลาจริง (real time) ก็ควรกำหนดตำแหน่งที่ผู้ตรวจสอบสามารถเข้าถึงได้ง่าย แต่บางครั้งพื้นที่ที่สนใจอยู่ห่างไกลออกไปมากทำให้การเข้าถึงจุดวัดน้ำฝนยากลำบาก ดังนั้นโครงข่ายเครื่องวัดน้ำฝนจึงไม่สามารถปกคลุมทุกพื้นที่ที่สนใจได้ ถ้าต้องการเก็บข้อมูลในเวลาจริง (real time)

3. ความคลาดเคลื่อนจากการวัดน้ำฝนนั้นเกิดจากสาเหตุหลายประการ แต่พื้นฐานๆ ได้ 4 ประการคือ (1) เนื่องจากเครื่องวัด (2) เนื่องจากการอ่าน (3) เนื่องจากกระแสลม และ (4) เนื่องจากการติดตั้ง

4. บางครั้งเกิดความล่าช้าในการได้รับข้อมูลจากผู้ตรวจวัด เนื่องจากปัญหาการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ตรวจวัด กับศูนย์กลางการรวมรวมข้อมูล

4.2 เรดาร์ (Radar)

เรดาร์ที่ใช้ในการประมาณฝนเนื้อพื้นที่ที่กำหนด โดยใช้หลักการตรวจวัดการหักเหของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหยดน้ำ เรดาร์ได้เปรียบเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน เนื่องจากสามารถสร้างภาพ (image) ที่ต่อเนื่องตามระยะเวลาได้ (Mohammedberhan, 1998)

ข้อดี

1. สามารถได้รับข้อมูลในเวลาจริง (real time) เพราะเรดาร์เก็บข้อมูลทุกๆ 2-3 ชั่วโมง
2. เรดาร์สามารถเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่ไม่สามารถติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนได้
3. ข้อมูลฝนที่ประมาณได้จากเรดาร์สามารถนำมาคำนวณ เพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้ทันที
4. ความสามารถในการทำภาพ (image) ให้เคลื่อนไหวได้ ทำให้ง่ายต่อการติดตามพัฒนาการ, ความก้าวหน้า และการเคลื่อนตัว ของระบบการก่อเกิดของฝนได้

ข้อเสีย

1. มีต้นทุน และค่าใช้จ่ายสูง และต้องการเทคนิค และการสนับสนุนทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน
2. สัญญาณเรดาร์ที่ใช้ในการประมาณฝน อาจถูกบញ្ចາມโดย สิ่งก่อสร้าง, สภาพอากาศในบริเวณข้างเคียง, ภูเขา ฯลฯ
3. ฝนที่มีปริมาณน้อย อาจไม่สามารถตรวจจับสัญญาณจากเรดาร์ได้
4. เนื่องจากเรดาร์ปักคู่ในขอบเขตพื้นที่ที่จำกัด ถ้าพื้นที่ที่สนใจมีขนาดใหญ่จะต้องใช้เรดาร์จำนวนมากเพื่อให้ปักคู่มีพื้นที่ที่สนับสนุนไว้
5. ต้องนำข้อมูลที่ได้มาปรับแก้เปรียบเทียบกับข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

4.3 ดาวเทียม (Satellite)

ดาวเทียมคือyan อวากาศที่ โครงการบ โลกและส งภาพ (image) ของโลกและชั้นบรรยากาศกลับมาซึ่งสถานีภาคพื้นดิน ดาวเทียมถูกใช้ในการประมาณฝนโดยใช้สัญญาณคลื่นที่สะท้อนหรือแผ่ออุ่นจากพื้นดินและชั้นบรรยากาศ (Mohammedberhan, 1998)

ข้อดี

1. ต้นทุนต่ำ (สำหรับข้อมูลดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรแล้ว) และสามารถประมาณฝนในเวลาจริง (real time) ได้
2. ปกคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่
3. สามารถใช้ประมาณขนาดพื้นที่ที่สนใจได้
4. ความสามารถในการทำภาพ (image) ให้เคลื่อนไหวได้ ทำให้ง่ายต่อการติดตามพัฒนาการ, ความก้าวหน้า และการเคลื่อนตัว ของระบบฝน ฟ้า อากาศได้

ข้อเสีย

1. ต้องนำข้อมูลที่ได้มาปรับแก้เปรียบเทียบกับข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน
2. เนื่องจากเป็นการประมาณค่าโดยทางอ้อม จึงมักเกิดการประมาณค่าที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป
3. เทคนิคการประมาณค่าน้ำฝนวิธีต่างๆ มีข้อจำกัดของแต่ละวิธีดังจะได้กล่าวต่อไป

4.4 ระบบโทรมาตร (Telemetry System)

ระบบโทรมาตรหมายถึง ระบบการตรวจดู ข้อมูลจากระยะไกล (Remote Terminal Unit หรือ Remote Station) อัตโนมัติ ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ การทำงานของระบบจะทำงานทั้งตรวจดูข้อมูล รับ-ส่งและจัดเก็บข้อมูล จากระยะไกลอัตโนมัติโดย ไม่ต้องใช้เจ้าหน้าที่ คือเมื่อเครื่องมือตรวจดูข้อมูลแล้ว ส่วนการรับ-ส่งข้อมูลอัตโนมัติ (I/O module) จะทำการแปลงสัญญาณข้อมูล (sensor) เป็นระบบตัวเลข(digital) แล้วส่งผ่านระบบสื่อสารข้อมูล ซึ่งอาจเป็นการส่งผ่านระบบดาวเทียม ระบบไบแก็ว ระบบคลื่นวิทยุ หรือระบบ โทรศัพท์ไปยัง สถานีรับข้อมูล (Receiving Unit ที่ Master Station หรือ Center) โดยอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถดำเนินการ ประมวลผลข้อมูล ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

ระบบโทรมาตร ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ดังนี้ สถานีตรวจวัด ข้อมูลอัตโนมัติ (Remote Terminal Unit หรือ RTU) ระบบสื่อสารข้อมูล (Data Communication) และสถานีรับข้อมูล (Receiving Unit) ซึ่งทุกส่วน สามารถเชื่อมต่อกัน ได้โดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) (อธิบดี สันกิawan, 2545)

ข้อดี

1. การรับ-ส่งข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็ว โดยเทคโนโลยีสมัยใหม่
2. สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องใช้เจ้าหน้าที่
3. สามารถดำเนินการประมาณผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

ข้อเสีย

1. มีต้นทุนสูง และต้องการเทคนิค และการสนับสนุนทางด้านวิศวกรรมที่ซับซ้อน
2. เป็นภาระมากที่จะทำการติดตั้ง โครงข่ายระบบโทรมาตรให้ปักคุณทุกพื้นที่

5. ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Satellite)

5.1 ประวัติ (History)

เพื่อทำความเข้าใจถึงความสำคัญของการตรวจตรา ลม ฟ้า อากาศ บนท้องฟ้า เวอร์เนอร์ ชูโอมิ และเพื่อน (Verner Suomi and colleagues) ทีมมหาวิทยาลัยแห่งวิสคอนเซน ได้พัฒนาดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจนประสบผลสำเร็จเป็นรายแรก ซึ่งถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม ก.ศ.1959 ดาวเทียมดวงนี้ใช้เครื่องรับสัญญาณชูโอมิ (Suomi radiometer) และส่งกลับแผนที่แบบหยาบของคลื่นรังสีแสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากผิวโลกและคลื่นรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากโลก (Kidder and Vonder Haar, 1995) จนกระทั่งวันที่ 1 เมษายน ก.ศ.1960 ดาวเทียมดวงแรกที่อุทิศเพื่อวัตถุประสงค์ทางอุตุนิยมวิทยาโดยสมบูรณ์ ได้ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจร และ TIROS 1 (Television and Infrared Observational Satellite) เป็นดาวเทียมที่ถูกส่งตามขึ้นไปเมื่อวันที่ 22 ในเดือนเดียวกัน TIROS 1 ซึ่งมีช่วงอายุใช้งาน 79 วัน เป็นดาวเทียมดวงแรกที่ส่งกลับภาพของโลกพร้อมกับระบบลม ฟ้า อากาศ ครอบคลุมทุกแง่มุม เนื่องจาก ในชุดดาวเทียม TIROS ได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีหลายอย่าง จนท้ายที่สุดในปัจจุบันจึงกล่าวมาเป็นชุดดาวเทียมมาตรฐาน TIROS N (standard TIROS N series) (Mohammedberhan, 1998)

การพัฒนาของดาวเทียมด้านเทคโนโลยีเพื่อการใช้ประโยชน์ (Application Technology Satellite, ATS 1) โดย เวอร์เนอร์ ซูโอมิ และโรเบิร์ต แพเรนท์ (Verner Suomi and Robert Parent) ที่มหาวิทยาลัยแห่งวิสคอนซิน เป็นการก้าวกระโดดไปข้างหน้าอีกอย่างหนึ่ง ทางด้านอุตุนิยมวิทยาโดยใช้ดาวเทียม (Kidder and Vonder Haar, 1995) ATS ทำให้สามารถทำให้ การถ่ายภาพเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและทำการเฝ้าระวังบนโลก ฟ้า อากาศ ขณะที่ระบบพัฒนา, เคลื่อนย้าย และเดินทางไป ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการทำนายสภาพอากาศ ดาวเทียมดวงนี้ถูก ส่งขึ้นสู่วงโคจรค้างฟ้า (geostationary orbit) และบรรทุกกล้องถ่ายภาพแม่เหล็กความภาพและหมุน คง (Spin Scan Cloud Camera) เพื่อการผลิตภาพชนิดมองเห็นได้ (visible image) ของโลก ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบความเร็วเท่ากัน 1 (Synchronous Meteorological Satellite 1, SMS 1) เป็นดาวเทียมค้างฟ้ากึ่งปฏิบัติการ (semi-operational geostationary satellite) รุ่นแรก ซึ่งถูกส่งขึ้นสู่ วงโคจรในปี ค.ศ. 1974 ชุดที่สองของ SMS (SMS 2) มีอุปกรณ์ระบบเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection System, DCS) ที่ใช้สำหรับถ่ายทอดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลประเภทอื่น ซึ่งถูก ส่งมาจากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน DCS ทำให้สามารถที่จะถ่ายทอดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาจากพื้นที่ ห่างไกลเข้าสู่สถานีรับสัญญาณศูนย์กลาง ได้ ดาวเทียม SMS และ GOES ซึ่งเกิดภายหลัง มีเครื่องรับ สัญญาณชนิดมองเห็นได้และชนิดอินฟราเรด (visible and infrared radiometer) ซึ่งทำให้ดาวเทียม เหล่านี้ส่งกลับภาพของโลกและชั้นบรรยากาศ ได้ทั้งภาพชนิดมองเห็นได้ และชนิดอินฟราเรด ดาวเทียมสิ่งแวดล้อมเชิงปฏิบัติการค้างฟ้า 1 (Geostationary Operational Environmental Satellite 1, GOES 1) ซึ่งเป็นดาวเทียมค้างฟ้าเชิงปฏิบัติการดวงแรกที่ถูกส่งเข้าสู่วงโคจรเมื่อปี ค.ศ. 1975 ในช่วงปลายคริสต์ทศวรรษ 70 ดาวเทียมของญี่ปุ่นที่ชื่อ ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite 1, GMS 1) และดาวเทียมขององค์การด้านอวกาศแห่งยุโรป (European Space Agency) ที่ชื่อว่า เมติโอแซท 1 (Meteosat 1) ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร ดาวเทียม เมติโอแซท 1 ได้ เพิ่มช่องสัญญาณที่สาม คือ ช่องสัญญาณของไอน้ำ (water vapour) นอกจากช่องสัญญาณสองชนิด คือ ช่องสัญญาณชนิดมองเห็นได้ (visible) และช่องสัญญาณชนิด อินฟราเรด (infrared) (Mohammedberhan, 1998)

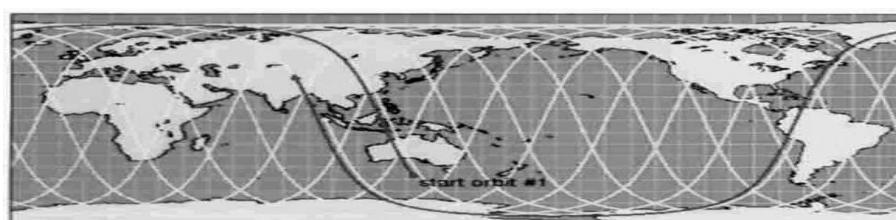
5.2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิดโคลจรรอบโลก (Polar Orbiting Satellites)

ดาวเทียมชนิดนี้ จะโครงการผ่านใกล้ชั้วโลกเหนือและชั้วโลกใต้ มีความสูงจาก พื้นโลกประมาณ 850 กิโลเมตร โดยจะโครงการรอบโลกประมาณ 102 นาที ต่อ 1 รอบ ในหนึ่งวันจะหมุนรอบโลกประมาณ 14 รอบ และจะเคลื่อนที่ผ่านเส้นศูนย์สูตรในเวลาเดิม (ตามเวลาท้องถิ่น) ผ่านแนวเดิม 2 ครั้ง โดยจะโครงการเคลื่อนที่จากชั้วโลกเหนือไปยังชั้วโลกใต้ 1 ครั้ง และโครงการเคลื่อนที่จากชั้วโลกใต้ไปยังชั้วโลกเหนืออีก 1 ครั้ง การถ่ายภาพของดาวเทียมชนิดนี้จะถ่ายภาพ และ ส่งสัญญาณข้อมูลสู่ภาคพื้นดินในเวลาจริง (Real Time) ในขณะที่ดาวเทียมโครงการผ่านพื้นที่นั้น ๆ โดยมี Track ความกว้าง 2,700 กิโลเมตร ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิดโคลจรรอบโลกถูกส่งเข้าสู่วงโคจรที่เลนส์ก้อน กับดวงอาทิตย์ ในความหมายของคำว่า เสมือนดวงอาทิตย์คือดาวเทียมจะโครงการผ่านจุดเดิมในเวลาเดิมเสมอ ซึ่งลักษณะการโครงการของดาวเทียมชนิดนี้แสดงใน ภาพที่ 8 สำหรับชื่อของดาวเทียมชนิดนี้ และประเภทที่เป็นเจ้าของแสดงใน ตารางที่ 5 (Mohammedberhan, 1998)

ตารางที่ 5 แสดงชื่อดาวเทียมชนิดโครงการรอบโลก และชื่อประเภทเจ้าของ

| ชื่อดาวเทียม | ความสูงจากพื้นดินและเวลาโครงการ 1 รอบโลก | ประเภทเจ้าของ |
|-----------------------|--|---------------|
| NOAA – Series (11,15) | 833 km. ใช้เวลา 101.6 min | อเมริกา |
| NOAA – Series (12,14) | 870 km. ใช้เวลา 102.4 min | อเมริกา |
| METEOR – 2 Series | 900 km. ใช้เวลา 102.0 min | รัสเซีย |
| FY - 1 | 800 km. ใช้เวลา 100.5 min | จีน |

ที่มา: อรุณ สันก์วิawan (2545)



ภาพที่ 8 แสดงเส้นทางที่ดาวเทียม NOAA เคลื่อนที่ผ่านในระหว่างการโครงการรอบโลก

ที่มา: อรุณ สันก์วิawan (2545)

วงโคจรที่เสมือนกับดวงอาทิตย์ของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิด โครงการลูกทำให้ดาวเทียมชนิดนี้สามารถที่จะสังเกตุการณ์สัญญาณที่แตกต่างเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์จะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอในท้องฟ้า (Houghton and Taylor, 1973) ดาวอย่างเช่น ถ้าตัดผ่านตำแหน่งที่แน่นอนจุดหนึ่งตอนเที่ยงวันเมื่อดาวเทียมมีการ โครงการขึ้นไปทางข้ามโลกเนื้อ ดังนั้นขณะที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ลงไปทางข้ามโลกได้มันจะตัดกับตำแหน่งเดียวกันในตอนเที่ยงคืน และจะภาคราฟพื้นผิวโลกที่ประมาณ 24 ชั่วโมงต่อครั้งที่ตำแหน่งเดิม ดาวเทียมแมทอร์ (METEOR) ของสหภาพโซเวียตในอดีต และดาวเทียม ไทรอส (TIROS) ของสหราชอาณาจักร เป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิด โครงการลูก โดยที่ดาวเทียมไทรอส (NOAA Series) เป็นดาวเทียมที่ถูกใช้อายุยาวที่สุด ประเทศอินเดียได้ส่งดาวเทียมชนิดโครงการลูกขึ้นสู่วงโคจรด้วยเช่นกัน ซึ่งได้ส่งเข้าสู่วงโคจร 2 ดวงคือ ภัสカラ 1 (Bhaskara 1) และ ภัส卡拉 2(Bhaskara 2) ในปี ค.ศ. 1979 และ 1981 ตามลำดับ (Mohammedberhan, 1998)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิด โครงการลูกเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อที่จะจัดหาภาพของสภาพลม ฟ้า อากาศ ที่ปกคลุมทั่วโลกและครึ่งชีวิตรอบด้วยเช่นกัน (Houghton and Taylor, 1973) อย่างไรก็ตามภาพที่ได้รับจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิด โครงการลูก จะได้รับเพียงครึ่งเดียว หรือสองครึ่งต่อวัน และดังนั้นสำหรับการตรวจสอบสภาพลม ฟ้า อากาศอย่างต่อเนื่องจึงเชื่อถือได้ยากถ้าใช้เพียงข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิด โครงการลูก ในทางกลับกันเนื่องจากการที่มีความสูงจากพื้นผิวโลกที่ระดับต่ำของวงโคจร ความละเอียดของภาพตามระยะทางที่ได้รับจากการ โครงการลูก จะสูงกว่าความละเอียดของภาพที่ได้จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิด โครงการค้างฟ้า นั้นคือดาวเทียมชนิด โครงการลูกจะมีข้อมูลรายละเอียดที่มากกว่าดาวเทียมชนิด โครงการค้างฟ้า (Mohammedberhan, 1998)

ชุดของดาวเทียม TIROS มีจำนวนของอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (sensors) ที่ถูกใช้เพื่อจุดประสงค์ทางด้านอุตุนิยมวิทยา และด้านอื่นๆ (Kidder and Vonder Harr, 1995) อุปกรณ์ดังกล่าว นั้นรวมไปถึง เครื่องรับสัญญาณคลื่นความละเอียดสูงมากขึ้นสูง (Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR), เครื่องรับการแผ่คลื่นอินฟราเรดความละเอียดสูง (High Resolution Infrared Radiation Sounder, HIRS), หน่วยรับคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Sounding Unit, MSU), หน่วยรับการแผ่คลื่นจากชั้นสตราโทสเฟียร์ (Stratospheric Sounding Unit), เครื่องรับสัญญาณอุลดร้าไวโอลูตที่สะท้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Backscatter Ultraviolet Radiometer, SBUV), การทดลองบดุลการแพร่รังสีจากโลก (Earth Radiation Budget Experiment, ERBE), เครื่องตรวจการณ์

สิ่งแวดล้อมในอวกาศ (Space Environment Monitor, SEM), ระบบเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection System, DCS), ค้นหาและช่วยเหลือ (Search And Rescue, SAR) ซึ่งทั้งหมดนี้มีเพียง AVHRR และ DCS ที่เกี่ยวข้องโดยตรงในจุดประสงค์ทางด้านอุตุนิยมวิทยา (Mohammedberhan, 1998)

ดาวเทียม NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) เป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิดโคลจรรอบโลก (Polar orbiting) ของประเทศไทย โดยมีวงจรสูงจากพื้นโลก 833 กม. ใช้เวลาหมุนรอบโลก 101.58 นาที ในเวลาหนึ่งจะหมุนรอบโลก 14.18 รอบ ด้วยวงโคจรสูง จากพื้นโลก 870 กม. ใช้เวลาหมุนรอบโลกในเวลา 102.37 นาที ในหนึ่งวันจะหมุนรอบโลกได้ 14.07 รอบ สำหรับรายละเอียดของสัญญาณต่างๆ ของดาวเทียมชุดนี้แสดงไว้ในตารางที่ 6 (อรุณ สันกิ้วน, 2545)

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดของสัญญาณต่างๆ ของชุดดาวเทียม NOAA

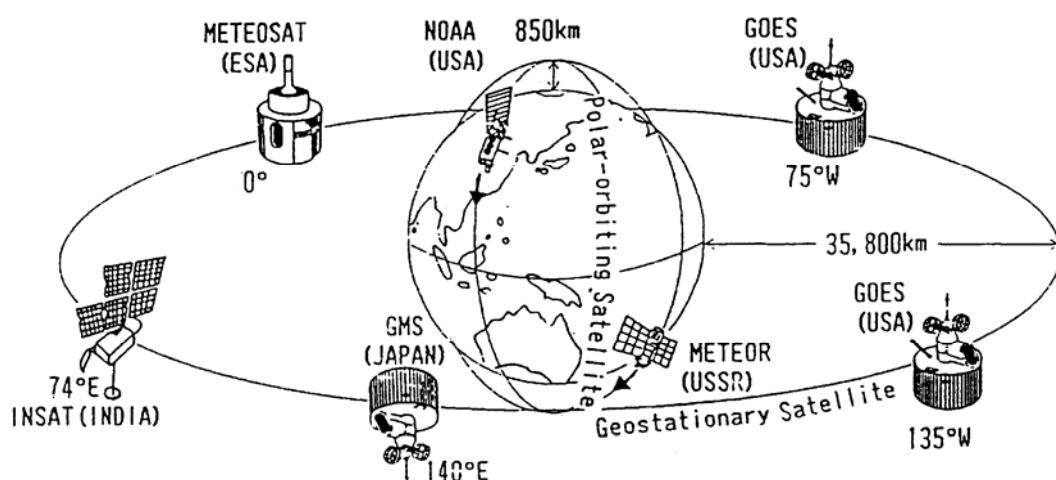
| ช่วงคลื่นที่ | Wave Lange | ความยาวคลื่น | ใช้ในการศึกษาเมฆ | ใช้ในการศึกษาอื่นๆ |
|--------------|---------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 1 | Visible | 0.580- 0.680 ไมโครอน | เฉพาะเวลากลางวัน | พืช, แหล่งน้ำผิวดินพืช และตะกอนน้ำทะเล |
| 2 | Visible | 0.725 – 1.100 ไมโครอน | เฉพาะเวลากลางวัน | พืช, แหล่งน้ำผิวดิน |
| 3 | Near Infrared | 3.550 – 3.930 ไมโครอน | ทั้งกลางวันและกลางคืน | อุณหภูมิผิวน้ำทะเลและไฟป่า |
| 4 | Infrared | 10.30 – 11.30 ไมโครอน | ทั้งกลางวันและกลางคืน | อุณหภูมิผิวน้ำทะเล และไฟป่า |
| 5 | Infrared | 11.50 – 12.50 ไมโครอน | ทั้งกลางวันและกลางคืน | อุณหภูมิผิวน้ำทะเล และไฟป่า |

ที่มา: อรุณ สันกิ้วน (2545)

Sensors หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดที่ติดตั้งไว้กับตัวดาวเทียมของ NOAA-Series คือ AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer/mode 3) ใช้สำหรับถ่ายภาพในระบบ Scanning Radiometer มี 5 ช่วงคลื่น รายละเอียดของข้อมูล (Resolution) 1.1 กม. และมีความกว้าง (Track) 2,700 กม. (อรุณ สันกิ้วน, 2545)

5.3 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิคโครงการค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellites)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิคโครงการค้างฟ้าโครงการรอบโลกที่ความสูงประมาณ 36,000 กม. และใช้เวลาในการโครงการรอบ 24 ชม. วงโครงการของดาวเทียมชนิดนี้จะอยู่ที่จุดเดิมตลอดเวลาเมื่อเทียบกับจุดบนพื้นดินและอยู่ไฟฟ้าในส่วนพื้นที่บริเวณเดิมบนโลก ดังนั้นจึงมีความละเอียดตามเวลาสูง ซึ่งทำให้สามารถทำการตรวจสอบสภาพลม ฟ้า อากาศ ได้อย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกันในการที่มีความสูงของวงโครงการเหนือพื้นดินสูง ทำให้ความละเอียดตามระยะทางต่ำ มีดาวเทียมชนิดโครงการค้างฟ้าอยู่จำนวนหนึ่งที่อุทิศเพื่อการตรวจสอบพื้นที่เฉพาะที่สนใจบนพื้นโลก ลักษณะการโครงการรอบโลกของดาวเทียมแต่ละชนิดนี้แสดงในภาพที่ 9 และตารางที่ 7 แสดงชื่อและตำแหน่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิคโครงการค้างฟ้าของประเทศต่างๆ (Mohammedberhan, 1998)



ภาพที่ 9 แสดงตำแหน่งของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาและแสดงวงโครงการรอบโลกทั้ง 2 ชนิด
ที่มา: MSC (1989)

ตารางที่ 7 แสดงชื่อและตำแหน่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิค โครงการค้างฟ้าของประเทศไทยต่างๆ

| ชื่อดาวเทียม | ตำแหน่ง | ถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ | ประเทศไทย |
|--------------|---------|--|-----------|
| GOES – W | 135 W | - แปซิฟิกตะวันออกและอเมริกาเหนือ | อเมริกา |
| GOES – E | 75 W | - อเมริกาเหนือ, อเมริกาใต้ และมหาสมุทรแอตแลนติก | อเมริกา |
| METEOSAT | 0 | - ยุโรป และอาฟริกา | ESA |
| GMS – 5 | 140 E | - แปซิฟิกตะวันตก, เอเชียและออสเตรเลีย | ญี่ปุ่น |
| INSAT | 74 E | - เอเชียกลาง และมหาสมุทรอินเดีย | อินเดีย |
| FY-2 | 105 E | - แปซิฟิกตะวันตก, เอเชีย, ออสเตรเลีย และมหาสมุทร อินเดีย | จีน |

ที่มา : อรุณ สันก์วัน (2545)

รายละเอียดของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิค โครงการค้างฟ้าบ้างส่วนสามารถแสดงได้ดังนี้

5.3.1 องค์การพัฒนาด้านอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (Japanese National Space Development Agency, NASDA) และองค์การด้านอุตุนิยมวิทยาแห่งญี่ปุ่น (Japanese Meteorological Agency) ได้ส่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิค โครงการค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite, GMS) ซึ่งโครงการอยู่ในตำแหน่ง 140 ° ตะวันออก GMS มีเครื่องรับสัญญาณคลื่นแบบการถ่ายภาพและหมุนวง (spin scan radiometer) ซึ่งใช้จัดหาภาพของโลกและชั้นบรรยากาศที่ความยาวคลื่นชนิดมองเห็นได้ และชนิดอินฟราเรด ของระยะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Mohammedberhan, 1998)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา GMS-5 (Geostationary Meteorological Satellite) เป็นดาวเทียมชนิด Geostationary orbit ซึ่งช่วงการโครงการอยู่ที่ตำแหน่ง 140 ° ตะวันออก มีความสูงจากพื้นโลก 35,800 กม. ปกคลุมพื้นที่จากขั้วโลกเหนือจรดขั้วโลกใต้ คือ ทวีปเอเชีย, ออสเตรเลีย และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก รายละเอียดสำหรับข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณช่วงคลื่นแสดงไว้ในตารางที่ 8 (Mohammedberhan, 1998)

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณช่วงคลื่นของดาวเทียม GMS-5

| ช่วงคลื่นที่ | ช่องสัญญาณ | ความยาวคลื่น | รายละเอียดข้อมูล |
|--------------|--------------|-------------------------|------------------|
| 1 | Visible | 0.55 - 0.90 ไมโครเมตร | 1.25 กม. |
| 2 | Water Vapour | 6.50 - 7.00 ไมโครเมตร | 5.00 กม. |
| 3 | Infrared | 10.50 – 11.50 ไมโครเมตร | 5.00 กม. |
| 4 | Infrared | 11.50 – 12.50 ไมโครเมตร | 5.00 กม. |

ที่มา: อรุณ สันกิริวัน (2545)

5.3.2 INSAT เป็นดาวเทียมชนิดโคจรค้างฟ้าที่ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรโดยประเทสอินเดีย มีตำแหน่งที่ 74° องศาตะวันออก ซึ่งเป็นดาวเทียมชนิดโคจรค้างฟ้าดวงแรกที่ไม่มีเครื่องรับสัญญาณคลื่นแบบหมุนคลง (no-spinning radiometer) ตั้งนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ไปในทศวรรษที่ 70 ของคริสตศักราช เสมือนกับที่มีบนดาวเทียมชนิดที่มีความสูงของวงโคจรจากผิวโลกต่ำ ซึ่งดาวเทียมชนิดที่มีวงโคจรต่ำนี้จะสำรวจจากห้วานิษฐ์ของอย่างไรก็ตาม ดาวเทียมชนิดโคจรค้างฟ้าแบบอื่นๆ จะสำรวจแต่ละจุดจากเพียงมุมมองเดียว INSAT จัดทำภาพชนิดมองเห็นได้และแบบอินฟราเรดของโลกและชั้นบรรยากาศ (Mohammedberhan, 1998)

5.3.3 GOES เป็นดาวเทียมที่ NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) ได้ส่งชุดของดาวเทียมล้วนแล้วล้อมปฏิบัติการค้างฟ้า (Geostationary Operational Environmental Satellite, GOES) ซึ่งมีอยู่สองดวงคือ GOES-ตะวันออก และ GOES-ตะวันตก ซึ่งโคจร ณ ตำแหน่ง 75° ตะวันตก และ 135° ตะวันออก ตามลำดับ (Mohammedberhan, 1998)

5.3.4 METEOSAT เป็นดาวเทียมที่องค์การด้านอวกาศแห่งยุโรป (European Space Agency) ได้ส่งขึ้นสู่วงโคจร ซึ่งมีตำแหน่งของวงโคจรอุղုาน เส้นรุ้ง 0° และเส้นแรง 0° เหนือพื้นผิวโลก ซึ่งตำแหน่งของมันหมายความว่ามันสามารถอยู่ได้ที่ขึ้นทวีปอา非ริกา เครื่องรับสัญญาณคลื่นแบบ gwadaph และหมุนคลง เป็นอุปกรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาที่มีอยู่ในดาวเทียม เมทีโอแซฟท์ ซึ่งสามารถส่งกลับภาพของโลกและชั้นบรรยากาศในช่องสัญญาณแบบ ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 9 การคาดการณ์ที่มองเห็นได้จากตะวันออกไปตะวันตก ทำได้โดยการหมุนของดาวเทียมที่อัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที ขณะที่การคาดการณ์ที่มองเห็นได้ด้านทิศเหนือไปทิศใต้ทำได้โดยการ

ใช้รัฐกิจภาคภาพที่เคลื่อนที่ขั้นละ 192 μrad ดังนั้นภาพของครึ่งซีกโลกแบบเต็มแผ่นก็ได้มากจาก การภาคภาพทั้งสองแบบที่ได้กล่าวไปนั้นเอง (Mohammedberhan, 1998)

ภาพของโลกและชั้นบรรยากาศถ่ายไว้ทุกๆ ครึ่งชั่วโมง และส่งข้อมูลไปยังศูนย์การ ปฏิบัติการด้านอวกาศแห่งยุโรป (European Space Operations Centre (Darmstadt, Germany) ที่ ศูนย์กลางหลังจากที่ได้ทำการบันทึกภาพแล้วจะทำการส่งภาพกลับไปยังดาวเทียมอีกรัง หลังจาก นั้นดาวเทียมจะส่งภาพไปยังเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเมมทีโอแซฟท์วาร์ค

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณของดาวเทียม METEOSAT

| ช่วงคลื่นที่ | ช่องสัญญาณ | ความยาวคลื่น | รายละเอียดข้อมูล |
|--------------|--------------|-----------------------|------------------|
| 1 | Visible | 0.40 - 1.10 ไมโครอน | 2.50 กม. |
| 2 | Water Vapour | 5.50 - 7.10 ไมโครอน | 5.00 กม. |
| 3 | Infrared | 10.50 – 12.50 ไมโครอน | 5.00 กม. |

ที่มา: อรุณ สันกิ้วาน (2545)

6. เทคนิคการประมาณฝน

6.1 พื้นฐาน

วิธีการต่างๆ ที่ใช้สำหรับการประมาณฝนในพื้นที่โดยการใช้ภาพ (image) ของ ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ (ความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 ไมโครอน) และช่องสัญญาณ อินฟราเรด (ความยาวคลื่น ระหว่าง 10.5 ถึง 12.5 ไมโครอน) ซึ่งเป็นการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ ได้รับจากดาวเทียมชนิด โคจรค้างฟ้า ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ใช้วัดการแผ่ของคลื่นชนิดสันที่เกิด การหักเหเนื่องจากชั้นบรรยากาศและผิวโลก ช่องสัญญาณนี้จะให้รังสีสะท้อนจากผิวของวัตถุ สะท้อนแสงและการที่มีความสว่างมาก แสดงว่า เมฆจะสะท้อนแสงได้มาก ความสว่างจากเมฆที่ เกิดขึ้นมากนั้นจะเกี่ยวข้องกับความหนาของเมฆที่มองเห็นได้ และส่วนประกอบของน้ำในสถานะ ของเหลว อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์นี้ใช้ได้สำหรับเมฆที่มีความหนาอยกว่า 700 เมตร นอกจาก กลุ่มเมฆที่มีความสัมพันธ์ที่โอบอุ่นตัว และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของรังสีที่สะท้อนจาก

เมม (Twomey และคณะ, 1967) ช่องสัญญาณอินฟราเรดใช้วัดการแผ่ของคลื่นความร้อนที่แผ่ออกมาจากเมม โดยมีสมนูดฐานว่า การแผ่คลื่นความร้อนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และยังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของเมมที่แผ่รังสีออกมารด้วย โดยใช้กฎการแผ่รังสีของแพลนค์ (Plank's radiation law) วิธีการนี้ความสูงของเมมจะถูกแสดงออกมาโดยอุณหภูมิของยอดเมมที่ได้รับมาจากการเก็บข้อมูลของช่องสัญญาณอินฟราเรดของดาวเทียม ดังนั้นเมมที่เย็นจะถูกสมนูดให้เป็นเมมที่อยู่สูงและมีโอกาสทำให้เกิดฝนตกได้ ด้วยเหตุนี้ ความสว่างที่เกิดขึ้นมากในช่องสัญญาณชนิดมองเห็นได้ และอุณหภูมิที่ต่ำในช่องสัญญาณอินฟราเรด แสดงถึง ความหนาของเมมมีขนาดใหญ่มาก และระดับยอดเมมที่สูง ตามลำดับ ซึ่งลักษณะเช่นนี้แสดงถึงความเป็นไปได้มากที่จะเกิดฝนตก ดังนั้น ความสว่าง และ/หรือ อุณหภูมิของกลุ่มเมมที่เกิดฝนเป็นการวัดโดยทางอ้อมของความเข้มของฝนที่ตก ที่เกิดจากการยกตัวของความร้อนขึ้นทางแนวตั้ง (Mohammedberhan, 1998)

แม้ว่ายังไม่ได้พัฒนาจนสามารถใช้งานในทางปฏิบัติแบบรายวันในเวลาจริง (real time) ยังมีวิธีการคลื่นไมโครเวฟ (microwave methods) ที่ใช้ในการประมาณฝนที่ตกโดยใช้เครื่องตรวจจับคลื่นไมโครเวฟ (microwave sensors) วิธีการนี้เป็นวิธีการโดยตรงในการประมาณฝนที่ตกซึ่งไม่เหมือนกับเทคนิคคลื่นที่มองเห็นได้ และคลื่นอินฟราเรด

การประมาณฝนจากดาวเทียมมีประโยชน์เพื่อเพิ่มพูนข้อมูลฝนที่ได้รับจากโครงการฯ สถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินซึ่งกระจายตัวห่างกันมากในพื้นที่ ยิ่งไปกว่านั้นการประมาณฝนโดยดาวเทียมแบบเวลาจริงสามารถแก้ปัญหาความล่าช้าของข้อมูลฝนที่ติดชั้นอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการส่งข้อมูลจากสถานีร้อนนอกเข้าสู่สถานีศูนย์กลาง โดยวิธีการที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้แสดงตัวอย่างของเทคนิคการประมาณฝนไว้บางส่วน เช่น ไมโครเวฟ (Microwave), ซีพีซี (CPC), ออสตรอม (OSTROM) และ แทมแซท (TAMSAT) เป็นต้น

6.2 เทคนิคการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Rainfall Estimation Technique)

การแผ่คลื่นรังสีไมโครเวฟ (3 – 300 GHz หรือ 10 – 0.1 cm) อาจถูกดูดซับ สะท้อน หรือกระจาย โดยน้ำหรือน้ำแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในชั้นบรรยากาศ การเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงของหยดน้ำและเกล็ดน้ำแข็งที่มีต่อการแผ่รังสีของคลื่นไมโครเวฟ ทำให้การประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีโดยตรง และใช้พื้นฐานทางกายภาพมากกว่าเทคนิคของ

คลื่นที่มองเห็นได้และคลื่นอินฟราเรด โดยเฉพาะบริเวณเหนือพื้นผิวมหาสมุทร วิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานความจริงที่ว่าการแผ่ของคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ต่ำกว่า 30 GHz จะถูกดูดซับ และแผ่ออกมาโดยหมายค้น้ำฝนในสถานะของเหลว และเมื่อความถี่สูงขึ้นจะถูกทำให้กระจายออกโดยเกล็ดน้ำแข็งและหมายค้น้ำฝน (Spencer และคณะ, 1997)

การแผ่ของคลื่นไมโครเวฟจากพื้นผิวน้ำอยู่กับมุมของการตรวจวัดคลื่น ความสามารถในการแผ่คลื่นจากพื้นผิว และความถี่ของการแผ่คลื่นจึงสามารถที่จะถูกตรวจพบได้ หากมหาสมุทรมีความสามารถในการสะท้อนคลื่น (reflectivity) มากกว่าพื้นผิวดิน แต่จะมีความสามารถในการแผ่คลื่น (emissivity) น้อยกว่า ยิ่งไปกว่านั้นความสามารถในการแผ่คลื่นของพื้นผิวมหาสมุทรเกือบเท่าที่จะเป็นค่าคงที่ ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวดินและปริมาณความชื้นในดินทำให้ความสามารถในการแผ่คลื่นของพื้นผิวดินเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ด้วยเหตุดังกล่าวการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟสามารถทำได้เป็นอย่างดีเหนือพื้นผิวของมหาสมุทร โดยไม่มีปัญหาอย่างไรก็ตามการประมาณฝนมีผลกระทบเป็นอย่างมากเหนือพื้นผิวดิน (Morland และคณะ, 1997) ดังนั้นความสามารถพัฒนาโดยตรงระหว่างการแผ่คลื่นไมโครเวฟและฝนที่ตกลงใช้ไม่ได้เหนือพื้นผิวดิน เทคนิคการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟเหนือพื้นผิวดินจึงขึ้นอยู่กับความสามารถพัฒนาที่ได้จากการทดลองและความล้มเหลวทางสถิติ เช่นเดียวกันกับเทคนิคคลื่นที่มองเห็นได้และคลื่นอินฟราเรด เทคนิคการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟมีอุปสรรคดังต่อไปนี้ที่ทำให้ยากลำบากในการตรวจตราฝนที่มีความแปรปรวนอย่างต่อเนื่อง อุปสรรคดังกล่าวคือ ความละเอียดตามเวลาต่ำ นั่นคือ 1 – 2 ภาพต่อวัน และความละเอียดตามระยะทางต่ำ คือความละเอียดสูงที่สุด ได้เพียง 10 กม. (Barret และ Beaumont, 1994) ดังนั้นจึงเป็นเทคนิคที่ไม่มีประโยชน์สำหรับฝนที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากในพื้นที่ลุ่มน้ำคล่องอุ่ตตะเภา

6.3 เทคนิคการประมาณฝน ซีพีซี (CPC Rainfall Estimation Technique)

เทคนิคพีซีพี เป็นเทคนิคที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับการประมาณฝนที่ตกละสม (accumulated rainfall) โดยใช้ข้อมูลของดาวเทียมเมติโอแซท (Meteosat satellite data), ข้อมูลเครื่องวัดน้ำฝนที่ได้รับจากระบบโทรคมนาคมทั่วโลก (Global Telecommunication System, GTS), การวิเคราะห์แบบจำลองของลม, ความชื้นสัมพัทธ์ และความสูงต่ำของพื้นที่ (model analysis of wind and relative humidity and orographic feature) (Herman และคณะ, 1997) เทคนิคนี้ถูกพัฒนาเพื่อจุดประสงค์ด้านการตรวจตราสภาพความแห้งแล้ง (drought) โดยองค์การเพื่อการพัฒนา

ระหว่างชาติของสหรัฐอเมริกา (United States Agency for International Development, USAID) ระบบเตือนภัยล่วงหน้าด้านความอดอย่าง (Famine Early Warning System, FEWS) เทคนิคนี้สามารถทำการประมาณฝนได้ทั้งที่เกิดจาก เมฆเย็น ที่เกิดจากการยกตัวของมวลอากาศร้อนขึ้นในแนวคิ่ง และฝนที่เกิดจาก เมฆอุ่น ที่แบ่งเป็นชั้นๆ (stratified clouds)

ครรชนกการตกของฝนโกลส (GOES Precipitation Index, GPI) เป็นขั้นตอนที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประมาณฝนที่ตกแบบสะสม (accumulated rainfall) สำหรับช่วงระยะเวลา 10 วันจากเมฆที่เกิดจากการยกตัวขึ้นในแนวคิ่งของมวลอากาศร้อน โดยใช้ช่วงเวลาที่ยอดเมฆเย็น (cold cloud tops duration) เหนือพื้นที่น้ำ (Herman และคณะ, 1997) ในขั้นตอนของ GPI ฝนที่ตก 3 มม. ทุกๆ ชั่วโมงจะสามารถวัดอุณหภูมิยอดเมฆได้ต่ำกว่า 235 เคลวิน (K) และได้รับข้อมูลเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดินทุกๆ 6 ชม. จากระบบโทรคมนาคมทั่วโลก (GTS) และจะถูกนำมาบวกรวมกันทุกๆ 24 ชั่วโมง และทุกๆ 10 วันแล้วนำมาเปรียบเทียบกับฝนที่ประมาณได้โดยวิธี GPI (GOES Precipitation technique) การปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดจากการประมาณค่าการตกของฝนโดยวิธี GPI เป็นวิธีที่ได้จากการทดลอง (Empirical) ซึ่งใช้การประมาณค่าทางสถิติ โดยทำการปรับแก้ค่าที่ประมาณได้จากวิธี GPI ให้พอดีกับค่าที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ดังนั้นขั้นตอนของวิธี GPI ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้เรียกว่า เทคนิค ซีพีซี (Climate Prediction Center, CPC) และถูกใช้เพื่อทำการประมาณค่าฝนที่ตก เนื่องจาก การยกตัวขึ้นทางแนวคิ่งของมวลอากาศร้อน (convective rainfall) (Mohammedberhan, 1998)

อย่างไรก็ตาม เทคนิคซีพีซี ก็ยังคงมีความผิดพลาดทั้งการประมาณค่าฝนมากเกินจริง (overestimate) และการประมาณค่าฝนน้อยเกินจริง (underestimate) ในบางกรณี การประมาณค่าฝนมากเกินจริงจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเหนือพื้นที่น้ำมีการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องของ เมฆเชอร์รัส (cirrus cloud) ซึ่งเป็นเมฆที่เย็นแต่ไม่หนาพอที่จะเกิดฝนตกได้ ในทางกลับกัน การประมาณค่าฝนน้อยเกินจริง จะเกิดขึ้นเป็นปกติ โดยเฉพาะเหนือพื้นที่ที่มีฝนที่เกิดเนื่องจากลักษณะพื้นที่เป็นภูเขา (orographic precipitation) และการตกของฝนที่เกิดจากเมฆอุ่น (warm clouds) ซึ่งฝนชนิดนี้จะเกิดในบริเวณพื้นที่แอบชาขั้นทางและพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นภูเขา ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง สำหรับเทคนิค ซีพีซี เพื่อทำให้การประมาณค่าการตกของฝนที่เกิดจากเมฆอุ่น (warm cloud) และเมฆเป็นชั้นๆ (stratiform cloud) (Mohammedberhan, 1998)

เมื่อมีความชื้นและอากาศชื้นที่มีลมพัดในระดับต่ำอย่างเหมาะสมทำให้สามารถที่จะยกตัวขึ้นและความแน่นเป็นฝนที่เกิดจากเมฆอุ่น ได้ นั่นคือช่วงอุณหภูมิยอดเมฆอย่างคร่าวๆ อยู่ระหว่าง 235-275 เคลวิน (K) สำหรับการประมาณฝนจากเมฆอุ่นจะต้องใช้ข้อมูลของ ทิศทางของลมที่พัดในระดับต่ำ, ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความลัดซัชของพื้นที่ โดยที่ทิศทางลม และความชื้นสัมพัทธ์หาได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับ ที่เวลาสากล 00, 06, 12 และ 18 UTC (Universal time coordinated) และนำมาร่วมกับความลัดซัชของพื้นที่ แล้วคำนวณโดยใช้วิธี ความแตกต่างแบบจำกัด (finite difference method) ตามแนวทางที่จะแสดงดังต่อไปนี้

ทุก ๆ ช่วงเวลาครึ่งชั่วโมง จะมีการคำนวณ ผลคูณเวกเตอร์ (dot product) ของความลัดซัชพื้นที่ กับทิศทางลม ผลคูณทางสเกลาร์ (scalar product) ของพิวรรนาบของทิศทางลม $[u(x,y),v(x,y)]$ และความลัดซัชในแนวราบของลักษณะ $[h(x,y)]$ นั่นคือ

$$u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

ซึ่งเป็นการประมาณค่าโดยใช้วิธีความแตกต่างแบบจำกัดที่จุดกริด (finite differences centered at grid points) ดังนั้นค่าผลคูณทางเวกเตอร์คำนวณปรับค่า (interpolated) เข้าสู่จุด กริด (grid point) ด้วยความละเอียดเดียวกันกับข้อมูลของดาวเทียมเมทีโอแซท (METEOSAT) ขั้นตอนสุดท้ายค่าที่ได้จะนำไปคูณกับพิวรรนาบของความชื้นสัมพัทธ์ที่วิเคราะห์ไว้แล้ว เพื่อที่จะนำมาร่วมกับการยกตัวเนื่องจากสภาพภูเขาระหว่างความชื้นระดับต่ำ ทุกๆ ครึ่งชั่วโมงจะมีการเก็บข้อมูลที่ได้นี้ไว้ที่แต่ละจุดกริดที่มีช่วงอุณหภูมิยอดเมฆอยู่ระหว่าง 235-275 เคลวิน (K) ค่าที่ได้จะถูกนำมารวมยอด ทุกๆ ติบวัน แล้วนำผลรวมที่ได้มาราบปรับแก้กับค่าปริมาณฝนภาคพื้นดิน เพื่อนำไปใช้ในการประมาณฝนจากเมฆอุ่น

การปรับแก้ (calibration) เพื่อการประมาณฝนโดยเทคนิคผลคูณเวกเตอร์ (dot product technique) จะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อ พื้นที่ที่เลือกใช้สำหรับการปรับแก้ จะต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีเมฆเย็นในช่วงระยะเวลาที่ทำการปรับแก้ และฝนที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะต้องเป็นฝนที่เกิดจากการยกตัวขึ้นของมวลอากาศร้อนเนื่องจากสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขา (orographic rainfall)

ด้วยเหตุนี้ สูนย์พยากรณ์ภูมิอากาศ (Climate Prediction Center, CPC) ซึ่งเป็นหน่วยงานของ สูนย์กลางพยากรณ์ด้านสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (National Centers for Environmental Prediction,

NCEP) ได้ทำการรวมขั้นตอน GPI ที่ได้รับการปรับแก้ข้อผลิตผลตามแล้วเข้ากับผลรวมเวคเตอร์ (dot product) ของทิศทางลมและสภาพภูมิประเทศ แล้วนำไปคูณกับความชื้นสัมพัทธ์เพื่อที่จะนำໄไปประมาณค่าปริมาณฝนรวมสะสม (total accumulated precipitation) จากทั้งเมฆที่เกิดจากการยกตัวขึ้นทางแนวคิ่งของมวลอากาศร้อน หรือเมฆเย็น และเมฆที่แบ่งเป็นชั้นๆ หรือเมฆอุ่น (convective and stratiform clouds) ซึ่งเมื่อทำการรวมกันของวิธีทั้งสองแล้ว ทำให้ได้ผลลัพธ์มีความถูกต้องมากขึ้น และเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์มากเนื่องจากสามารถประมาณค่าฝนได้ทั้งเมฆเย็นและเมฆอุ่น (cold and warm clouds)

การประมาณฝนโดยใช้เทคนิคซีพีซี (CPC technique) สำหรับเมฆเย็น (cold cloud) นำมาใช้ปรับแก้ค่ากับข้อมูลภาคพื้นดินที่เกิดในเวลาเดียวกัน มากกว่าที่จะนำໄไปปรับแก้กับค่าในอดีต ดังนั้นจึงต้องการข้อมูลฝนภาคพื้นดินในเวลาจริง (real time) ฐานสิบวัน ที่เพียงพอเพื่อใช้ในการปรับแก้ ถ้าพื้นที่ที่สนใจไม่มีข้อมูลฝนภาคพื้นดินไม่เพียงพอ ก็จะทำให้ยากที่จะทำการปรับแก้ให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

6.4 เทคนิคการประมาณฝน ออสตอม (ORSTOM Rainfall Estimation Technique)

เทคนิคออสตอม (ORSTOM technique) ใช้อุณหภูมิพื้นผิวดิน (ground surface temperature, Ts) ที่ได้รับจากภาพของดาวเทียมเมทโซเซต (METEOSAT) เพื่อทำการประมาณฝน (Guillot, 1995) เป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนาโดย Lannion Centre De Meteorology Spatiale (CMS) เป็นวิธีการที่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Ts) กับเครื่องวัดน้ำฝน (pluviometry) และมีพื้นฐานอยู่บนความสมดุลสองชนิดต่อไปนี้ (Guillot, 1995) สมดุลที่หนึ่งคือ สมดุลพลังงาน (energy balance) ซึ่งเชื่อมระหว่างการไหลของความร้อนที่เห็นได้ชัด (sensible heat flow) กับ การระเหยและการหายน้ำของพืช (evapotranspiration) และ สมดุลที่สอง คือ สมดุลน้ำ (water balance) ซึ่งเชื่อมระหว่าง การระเหย (evaporation) กับฝนที่ตก (rainfall) โดยที่ความร้อนที่เห็นได้ชัด (sensible heat, Φ_s) มีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Ts) ด้วยเช่นกัน โดย ความสัมพันธ์เชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$\phi_s = \rho C_p h (T_s - T_a) \quad (2)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ

h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

T_s = อุณหภูมิพื้นผิวดิน

T_a = อุณหภูมิของอากาศ

เทคนิคนี้มีพื้นฐานจากผลกรบทบของฝนที่ตกไปแล้ว ที่มีต่ออุณหภูมิพื้นผิวดิน ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์แบบผกผัน (inverse relation) ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดิน (T_s) กับปริมาณฝนรวม (rainfall totals, ΣP) ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามอาจมีปัจจัยทางสภาพอากาศ ท้องถิ่นที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวดินตัดผ่านพื้นที่ที่สนใจ ปัจจัยนี้อาจมีผล ของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดินเกิดขึ้นในแนวเหนือ-ใต้ และ ตะวันตก-ตะวันออก ตัด ผ่านพื้นที่ที่พิจารณา ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบfunครั้งแรกกับอุณหภูมิพื้นผิวดินเพื่อแสดงความ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยทางสภาพอากาศท้องถิ่น ในกรณีนี้เพื่อที่จะหาปัจจัยทางสภาพ อากาศท้องถิ่นที่ตัดผ่านพื้นที่ที่พิจารณา จึงต้องทำการลดค่า T_s ลงโดยที่ $\Delta T_a = T_a - T_0$, เมื่อ T_0 คืออุณหภูมิของอากาศที่สถานีอ้างอิง ดังนั้นความสัมพันธ์ด้านบนถูกเปลี่ยนเป็นความสัมพันธ์ ระหว่าง ปริมาณฝนรวม (rainfall totals, ΣP) กับผลรวมของ อุณหภูมิพื้นผิวดิน (T_s) ลบด้วยอัตรา การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ (ΔT_a) นั่นก็คือ $\Sigma (T_s - \Delta T_a)$

ในประเทศเซเนกัล (Senegal) ประสบผลสำเร็จในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนรวม (rainfall totals) กับ ผลรวมของอุณหภูมิพื้นผิวดินลบกับอัตราการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของอากาศ (Guillot, 1995) การตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิวดินแสดงว่าก่อนการเกิดฝนครั้ง แรกจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 3 ถึง 8 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) จากทิศใต้ไปทิศเหนือ หรือ จากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ความสัมพันธ์เชิงเส้นที่เป็นค่าลบระหว่างปริมาณฝนรวมและ อุณหภูมิเฉลี่ย ($T_s - \Delta T_a$) ตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไป แสดงว่า $\Sigma (T_s - \Delta T_a)$ ที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างมากถึงการเปลี่ยนแปลงประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณฝนรวมตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคม สำหรับช่วงสามปีติดต่อกันของปี ค.ศ. 1984 ถึง ค.ศ. 1986 (Guillot, 1995) ผลที่ได้รับจากการศึกษา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่คำนวณจากข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน แสดงว่า

ก. ความสัมพันธ์นี้จะมีความถูกต้องมากขึ้น ถ้ายกเว้นตอนต้นฤดูในพื้นที่ที่มีปริมาณสถานีวัดน้ำฝนน้อย

ข. มีความถูกต้องແນ່ນອນທ່າງ กัน สำหรับพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำฝนปริมาณปานกลาง

การนำาร่วมกันของเทคนิคอุณหภูมิพื้นผิวดิน (ground surface temperature technique) และเทคนิคความถี่ยอดเมฆเย็น (cold top cloud frequency technique) ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากขึ้นในการประมาณฝน (Guillot, 1995) เทคนิคที่นำาร่วมกันนี้ได้นำไปใช้หน่อพื้นที่ของประเทศไทยและได้ความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่าง พารามิเตอร์ที่รวมกัน และการประมาณปริมาณฝน การเกิดขึ้นของยอดเมฆเย็น ได้มาจากการนับจำนวนของเมฆที่เย็นกว่า -40°C แล้วนำไปคำนวณหาความถี่ยอดเมฆเย็น โดยการใช้ความสัมพันธ์ของ จำนวนของกรณีที่เหมาะสม (number of favorable cases) กับ จำนวนของกรณีที่เป็นไปได้ (number of possible cases) อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำาร่วมกันนี้ จะประมาณค่าฝนตกลงอย่างเดียวในพื้นที่ที่เป็นไปได้ แต่จะประมาณค่าฝนที่มากเกินจริงในพื้นที่ที่แห้งแล้ง ของประเทศไทย และวิธีการนี้ได้รับการปรับแก้ให้ถูกต้องโดยการใช้อุณหภูมิของพื้นผิวอากาศที่ได้รับจากทั้งข้อมูลจากโครงข่าย (network) และข้อมูลที่ถูกวิเคราะห์ในพื้นที่ ซึ่งได้จากศูนย์กลางของยุโรปเพื่อการพยากรณ์ลม ฟ้า อากาศในระยะกลาง (European Center for Medium Range Weather Forecasting (ECMRWF) ทีมมหาวิทยาลัยริดดิ�ง ดังนั้นความสัมพันธ์จะได้เป็น

$$\text{Pe} = a\text{Oc} + b(\text{Ts} - \text{Ta}) + \text{cte} \quad (3)$$

| | | |
|-------|--------------------|---|
| เมื่อ | Pe | = ฝนที่ได้จากการประมาณ (estimated rainfall) |
| | Oc | = อุณหภูมิยอดเมฆเย็น (cold top cloud frequency) |
| | Ts | = อุณหภูมิพื้นผิวดิน (ground surface temperature) |
| | Ta | = อุณหภูมิอากาศ (air temperature) |
| | a, b, cte | = ค่าคงที่ |

เพื่อความถูกต้องจึงได้ทำการเปรียบเทียบของแต่ละวิธีการประมาณฝนในประเทศไทยและแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การประมาณค่าของฝนในประเทศไทย (พ.ศ. – ต.ค. ปี ค.ศ. 1986) การเปรียบเทียบของวิธีการ (Comparison Methods)

| ช่วงเวลา(Periods) | $T^{\circ}\text{max}$ | Oc | $(T^{\circ}\text{max} + \text{Oc})/2$ |
|-------------------|-----------------------|------------|---------------------------------------|
| พ.ศ. | $r = -0.62$ | $r = 0.57$ | $r = 0.64$ |
| พ.ศ. และ ม.ย. | $r = -0.67$ | $r = 0.69$ | $r = 0.74$ |
| พ.ศ. ถึง ก.ค. | $r = -0.65$ | $r = 0.72$ | $r = 0.88$ |
| พ.ศ. ถึง ส.ค. | $r = -0.77$ | $r = 0.76$ | $r = 0.91$ |
| พ.ศ. ถึง ก.ย. | $r = -0.86$ | $r = 0.68$ | $r = 0.923$ |
| พ.ศ. ถึง ต.ค. | $r = -0.8$ | $r = 0.70$ | $r = 0.925$ |

หมายเหตุ r = สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient)

$T^{\circ}\text{max}$: วิธีการที่ใช้อุณหภูมิพื้นผิวดิน (method using surface temperature)

Oc : วิธีการที่ใช้อุณหภูมิยอดเมฆ (method using cold clouds)

$(T^{\circ}\text{max} + \text{Oc})/2$: วิธีการรวมกันของสองพารามิเตอร์ (method combining both parameters)

ที่มา: Guillot (1995)

ดังเช่นค่าที่แสดงโดยสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) เทคนิค ออสตอม มีความถูกต้องมากกว่า อย่างไรก็ตามก็มีอุปสรรคดังต่อไปนี้ที่ทำให้การปรับแก้ค่าใน พื้นที่ทำได้ไม่ง่ายนัก

ก. ต้องการข้อมูลพื้นผิวดิน เช่น อุณหภูมิพื้นผิวดิน

ข. ต้องทำการปรับแก้ค่ากับข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินในเวลาที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน

6.5 เทคนิคการประมาณฝน แทนแมชท์ (TAMSAT Rainfall Estimation Technique)

กลุ่มแทนแมชท์ (TAMSAT group) ในมหาวิทยาลัยริดดิ� ได้พัฒนาเทคนิคขึ้นมาจากการชนนีฝนของโกลส์ (GOES Precipitation Index, GPI) เพื่อทำการประมาณค่าฝนที่ตกเหนือทวีปอาฟริกาซึ่งไม่เหมือนกับเทคนิคชีพีซี และ เทคนิคօอสตออม โดยเทคนิคแทนแมชท์ จะทำการปรับแก้ค่าไว้ก่อนทั้งหมด นั่นก็คือจะทำการปรับแก้กับข้อมูลฝนในอดีตมากกว่าข้อมูลฝนภาคพื้นดินที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน

เทคนิคการประมาณค่าฝนที่ตก แทนแมชท์ (Tropical Application of Meteorological SATellite, TAMSAT) ใช้ภาพของช่องสัญญาณอินฟราเรดจากดาวเทียมเมทีโอแซท (METEOSAT) ทุกๆ ชั่วโมง หรือครึ่งชั่วโมง การใช้เครื่องตรวจจับสัญญาณอินฟราเรดเพียงช่องสัญญาณเดียวทำให้เทคนิคแทนแมชท์ง่ายต่อการดำเนินการแบบอัตโนมัติ มิใช่นั่นน์เทคนิคนี้จะยากต่อกรรมวิธีที่ดำเนินการโดยอัตโนมัติได้

6.5.1 ข้อสมมุติฐานของเทคนิค

ก. เมฆเย็นหรือเมฆที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยกตัวของมวลอากาศร้อนขึ้นทางแนวตั้ง (convective cloud) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดฝน

ข. เมฆเย็นจะทำให้เกิดฝนก็ต่อเมื่อเมฆมีการเคลื่อนตัวไปจนถึงความสูงที่เกิดจุดเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน (threshold height) นั่นก็คือมีความสูงพอที่จะทำให้เกิดฝน

ค. ความสูงจุดเปลี่ยนแปลงซึ่งก็คือถ้าจุดใดที่อยู่เหนือจุดนี้ขึ้นไปก็จะเป็นเมฆที่ทำให้เกิดฝนได้ แต่ถ้าเป็นจุดที่อยู่ต่ำกว่าจุดนี้ก็จะเป็นเมฆที่ไม่ทำให้เกิดฝน โดยที่ถ้าจุดเปลี่ยนแปลงนี้ตรงกันกับอุณหภูมิยอดเมฆที่แน่นอนแล้ว ดังนั้นความสูงจุดเปลี่ยนแปลงนี้จะถูกแสดงอยู่ในเทอมของอุณหภูมิยอดเมฆ

ง. ปริมาณของฝนที่ตกเหนือตัวแห่งใดๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับช่วงเวลาที่อุณหภูมิเมฆเย็นมีอุณหภูมิสูงที่สุดต่ำกว่าอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลง ช่วงเวลาดังกล่าวจะเรียกว่าช่วงเวลาเมฆเย็น (Cold Cloud Duration, CCD)

ในวิธีการแทนแมชท์ (TAMSAT) ค่าที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดินมีความสัมพันธ์กับค่าช่วงเวลาเมฆเย็น (CCD) โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$R = a_1 \text{CCD} + a_0 \quad (4)$$

โดยที่ $R = 0$ เมื่อ $\text{CCD} = 0$

เมื่อ R = ปริมาณฝนที่ตก (rainfall)

CCD = ค่าช่วงเวลาเมฆเย็น (Cold Cloud Duration)

a_1, a_0 = ค่าคงที่ที่ต้องหาค่าโดยการปรีบยนเทียบภาพของช่วงอุณหภูมิเมฆเย็น (CCD) กับข้อมูลการเครื่องวัดนำฝันภาคพื้นดิน

6.5.2 เทคนิควิธีการ (Procedures of the Techniques)

ก. สร้างภาพของช่วงเวลาอุณหภูมิยอดเมฆเย็น (CCD) ที่จุดเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิต่างๆ

ข. หาอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม (optimum threshold temperature) สำหรับแต่ละขอบเขตพื้นที่ที่จะทำการปรับแก้

ค. หาพารามิเตอร์การปรับแก้ (calibration parameters) a_0 และ a_1 สำหรับ แต่ละขอบเขตที่ทำการปรับแก้

ง. ทำการใช้สูตรความสัมพันธ์ของช่วงเวลาอุณหภูมิยอดเมฆเย็น (CCD) กับ ฝนที่ตกเพื่อทำการประมาณการตกของฝน

การหาค่าจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแต่ละขอบเขตพื้นที่ สามารถทำได้โดยการใช้ตารางของแต่ละกรณี (contingency table)

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างฝนที่ตกกับช่วงเวลาเมฆเย็น (CCD) เป็น สถติแบบสโตคสติก (stochastic) จึงจำเป็นต้องใช้จำนวนที่มีความสำคัญสำหรับการหาค่าเฉลี่ย เพื่อที่จะให้การปรับแก้มีความหมาย (Grimes และคณะ, 1993)

6.5.3 วิธีการหาค่าปรับแก้ (Determining the calibration parameters)

วิธีการสองวิธีที่แตกต่างกันที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ปรับแก้ (calibration parameters) a_0 , a_1 ดังที่จะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

ก. ความถดถอยของค่าการวัดน้ำฝนมัชฐานกับชุดกึ่งกลางชั้นของช่วงเวลาเมเดียน (Regression of median gauge against mid-class CCD) วิธีการนี้แต่ละวันจะถูกแบ่งช่วงเวลาเป็นชั้น ๆ ตามค่าของช่วงเวลาเมเดียน (CCD) ความถดถอยของค่าการวัดน้ำฝนมัชฐานกับชุดกึ่งกลางชั้นของช่วงเวลาเมเดียนถูกใช้เพื่อการปรับแก้ วิธีการซึ่งนำการใช้ค่ามัชฐานมาเป็นค่าฝนตัวแทน (representative rainfall value) กีเพื่อที่จะกำจัดอิทธิพลของค่าไกล์เคียงในการปรับแก้ในที่นี่จะใช้เฉพาะค่าช่วงเวลาเมเดียนที่ไม่เท่ากับศูนย์มาใช้ในการคำนวณเท่านั้นสำหรับการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ a_0 และ a_1 วิธีการนี้มีประโยชน์สำหรับการตรวจสอบหากความแห้งแล้ง (drought monitoring)

ข. ความถดถอยของค่าการวัดน้ำฝนเฉลี่ยรายวันกับค่าช่วงเมเดียนเฉลี่ยรายวันสำหรับหน่วยเล็กที่สุดในการแสดงผล (Regression of daily mean gauge values against daily mean CCD for pixel) วิธีการนี้มีสมมุตฐานที่ว่าหน่วยเล็กที่สุดในการแสดงผลของการวัดค่าจะเป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ระหว่างฝนที่ตอกกับช่วงเวลาเมเดียน (CCD) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งวิธีการนี้มีประโยชน์สำหรับวัดถุประสงค์ทางอุทกวิทยา (hydrological purposes)

วิธีการปรับแก้ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น วิธีการที่สอง นั่นคือ ความถดถอยของค่าการวัดน้ำฝนเฉลี่ยรายวันกับค่าช่วงเมเดียนเฉลี่ยรายวันสำหรับหน่วยเล็กที่สุดในการแสดงผล (Regression of daily mean gauge values against daily mean CCD for pixel) จะถูกใช้ในการปรับแก้ สำหรับการศึกษานี้ ซึ่งวิธีการนี้มีประโยชน์สำหรับวัดถุประสงค์ทางอุทกวิทยา (hydrological purposes) ซึ่งตรงกับประเด็นปัญหาของบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

6.5.4 ข้อจำกัดของเทคนิค (Limitations of the Techniques)

ก. การเปลี่ยนแปลงตามระยะทางของฝนที่ตก (Spatial variation of rainfall) อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้เป็นการประมาณฝนโดยการใช้อุณหภูมิยอดเมฆ (cloud top temperature) โดยปราศจากการคุลักษณะภายใต้เมฆ ซึ่งความเข้มของฝนที่ตก (intensity of rainfall) อาจจะแสดง

การเปลี่ยนแปลงตามระยะทางของฝนตกภายในได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงตามระยะทางที่แท้จริงของความเข้มของฝนที่ตก (rainfall intensity) ภายใต้เมฆ ดังนั้น เทคนิคแทนแซทจะมีประโยชน์ในการหาค่าฝนเฉลี่ยเหนือพื้นที่ที่กว้างขวางและช่วงของเวลาที่ยาวนานมากกว่าที่จะใช้หาข้อมูลรายละเอียดเหนือพื้นที่ที่มีขนาดเล็กและช่วงเวลาสั้น ๆ

บ. การแทรกซึมของรังสีโดยเมฆต่ำ (Contamination by Low clouds) ในบางตำแหน่งและบางเวลา เมฆต่ำสามารถทำให้เกิดฝนได้ และในกรณีนี้วิธีการที่มีสมมุติฐานว่า ฝนที่เกิดขึ้นเกิดจากเมฆที่มาจากการยกตัวขึ้นในแนวคี่ของมวลอากาศร้อน (convective) เท่านั้น จะใช้การไม่ได้เนื่องจากว่าเมื่อมีฝนที่เกิดขึ้นจากเมฆต่ำ เทคนิคแทนแซทจะแสดงผลคือไม่มีฝนตก

ค. การแทรกซึมของรังสีโดยเมฆเชอร์รัส (Contamination by cirrus clouds) ในเมฆเชอร์รัส (cirrus cloud) จะปรากฏในสัญญาณดาวเทียมว่าเป็นเมฆที่เย็นมากและเทคนิคแทนแซทจะคาดว่ามีการเกิดฝนเนื่องจากเมฆชนิดนี้ อย่างไรก็ตามเมฆเชอร์รัส (cirrus cloud) นี้ยังไม่สูงพอที่จะเกิดฝนตกได้ ดังนั้นเทคนิคแทนแซทจะได้แสดงผลคือ มีฝนตก ในขณะที่ไม่มีการตกของฝนเกิดขึ้นเลย

ง. การปรับแก้ที่แตกต่างกันสำหรับพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน (Different calibration for different regions and months) วิธีการนี้จะต้องมีการปรับแก้ในแต่ละพื้นที่รวมไปถึงต้องมีการปรับแก้ที่แตกต่างกันสำหรับเดือนแต่ละเดือนด้วยเช่นกัน

เนื่องจากเทคนิคแทนแซท (TAMSAT) นี้เป็นการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ล่วงหน้า (pre-calibrated) ดังนั้นความถูกต้องจึงน้อยกว่าค่าที่ได้จากเทคนิคออสตอม (ORSTOM technique) ถ้าเทคนิคแทนแซทได้รับการปรับแก้เทียบกับข้อมูลฝนภาคพื้นดินที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ก็จะมีค่าความถูกต้องมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามเทคนิคแทนแซท ไม่เหมือนกับเทคนิคซีพีซี (CPC) และเทคนิค ออสตอม (ORSTOM) เนื่องจากการปรับแก้สามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลของฝนภาคพื้นดินในอดีต (historical gauge data) ที่มากขึ้น เพราะว่าข้อมูลในอดีตหากได้จ่ายกว่าข้อมูลในเวลาจริง (real time)

ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา การประมาณฝนที่ต่ำจากเมฆเย็น โดยเทคนิคแทนแซทนี้นับว่า ค่อนข้างเหมาะสม เพราะว่าการที่สามารถปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ได้ล่วงหน้า การใช้งานเชิงปฏิบัติการ เป็นไปโดยง่ายและอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามถ้าต้องการประมาณฝนจากเมฆอุ่นและเมฆแบ่งชั้น (warm and stratified) ควรจะใช้เทคนิคซีพีซีมากกว่าที่จะใช้เทคนิคแทนแซทในการประมาณค่าฝนที่ตก

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียมกับการประมาณฝนในอดีต

ธีระพงษ์ (2539) ได้แสดงผลการศึกษาเพื่อประเมินปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัยอย่างฉบับพลัน ในบริเวณที่ราบของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ของประเทศไทย โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (P , mm) และอุณหภูมิยอดเมฆ (T , K) ในรูปสมการดังอยู่ไม่เชิงเส้นคือ $P = 1.1102 \times 10^{13} T^{-4.8288}$, $P = 4.4905 \times 10^{10} T^{-3.8012}$, $P = 5.2384 \times 10^{12} T^{-4.6683}$ และ $P = 2.4916 \times 10^{11} T^{-4.0840}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.71 0.73 0.70 และ 0.71 ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวเมื่อทราบอุณหภูมิยอดเมฆจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา จะสามารถคาดคะเนปริมาณน้ำฝนที่เป็นสาเหตุของอุทกภัยอย่างเชี่ยวชาญได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไมโครคอมพิวเตอร์, โน๊ตบุ๊คคอมพิวเตอร์ และ เครื่องพิมพ์
2. ข้อมูลจากดาวเทียม GMS-5 ของช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ 2543 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2544 และช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2545
3. ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจฝนภาคพื้นดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสระบุรี ในช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2543 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2544 และช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2545

วิธีการ

1. การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษา

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษานี้ ประกอบด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นั้นคือช่วงเดือน มิถุนายน ถึงเดือน มกราคมของปี ลักษณะไป ดังนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลฝน และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2543 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2544 และช่วงเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2544 ถึงเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2545 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การรวบรวมข้อมูลฝน

แหล่งข้อมูลฝนของสถานีวัดน้ำฝนสามารถหาได้จากสองหน่วยงานคือ กรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ขั้นตอนและวิธีการที่จะได้มามีดังนี้ ข้อมูลฝนที่ต้องการจะต้องทำการติดต่อประสานงานอย่างเป็นทางการ ตามขั้นตอนทางราชการ ในที่นี้ได้ทำเรื่องขอข้อมูลในนามของภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วประสานกับกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจะต้องระบุชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการ หรือขอบเขตที่ต้องการข้อมูลเป็นอย่างน้อย และต้องระบุจำนวนปีของข้อมูลที่ต้องการ เนื่องจากสถานีวัดน้ำฝน และจำนวนปีที่ทำการเก็บข้อมูลฝนมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2545 ข้อมูลโดยมากเป็น

ข้อมูลฝนรายวัน โดยข้อมูลที่ได้มาจากการนับจำนวนจังกล่า เป็นข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมด เท่าที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา และเป็นข้อมูลทั้งหมดตั้งแต่ปีที่เริ่มเก็บข้อมูลฝนของแต่ละสถานี เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนที่ได้มาโดยวิเคราะห์สะท้อนเชิงซ้อน (double mass analysis) ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์จำนวนหลาบปี เพื่อให้ได้มาซึ่งความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม ได้อย่างถูกต้องต่อไป

1.2 การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการประมาณปริมาณฝนนี้ เป็นข้อมูลของดาวเทียม GMS-5 ของญี่ปุ่น เนื่องจากมีขอบเขตของภาพถ่ายดาวเทียมครอบคลุมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาที่ต้องการศึกษา ซึ่งลักษณะของข้อมูลเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายชั่วโมง และมีรูปแบบของไฟล์เป็นชนิด PGM (Portable Gray Map) ซึ่งในแต่ละพิกเซลมีค่าเป็นความเข้มของแสงหรือค่าความสว่าง โดยค่าความสว่างมี 256 ระดับ คือ ระดับความสว่างที่ 0 จะเป็นสีดำ และระดับความสว่างที่ 255 จะเป็นสีขาว และมีขนาด 1800×1800 พิกเซล แต่ละพิกเซลมีขนาดเท่ากับ $3 \text{ } \mu\text{m}$ โดยมีการเรียงลำดับของพิกเซลจากบนลงล่าง และจากซ้ายไปขวา ข้อมูลที่ทำการดาวน์โหลด (download) มาทั้งหมด ประกอบด้วย ส่วนที่หนึ่งคือ ช่องสัญญาณอินฟราเรด IR1, IR2 และ IR3 ซึ่งเป็นช่องสัญญาณที่สามารถถ่ายภาพจากดาวเทียมได้ตลอด 24 ชั่วโมง, ส่วนที่สองคือ ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ (Visible Channel, VIS) ซึ่งเป็นช่องสัญญาณที่สามารถถ่ายภาพได้เฉพาะในเวลากลางวัน และส่วนที่สาม คือ ไฟล์ข้อมูลตารางปรับแก้ (Calibration, CAL) หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่ง ก็คือเป็นไฟล์ข้อมูลตารางการแปลงค่าความสว่างในภาพถ่ายดาวเทียมให้เป็นข้อมูลอุณหภูมิ ณ พิกัดตำแหน่งที่กำหนด ซึ่งหมายความว่าเมื่อได้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาแล้วจะต้องหาค่าความสว่าง ณ พิกัดตำแหน่งที่ระบุแน่ชัดในภาพถ่ายดาวเทียม นั่นก็คือตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่กำหนด จากนั้นต้องนำค่าความสว่างที่ได้มาเปรียบกับตารางในไฟล์ข้อมูลตารางการปรับแก้ เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (Kelvin) จึงสามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนภาคพื้นดินเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่อไปได้ โดยที่ข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถจะทำการดาวน์โหลดได้จาก website <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/>

2. การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล (consistency checking) และการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนตัวแทน

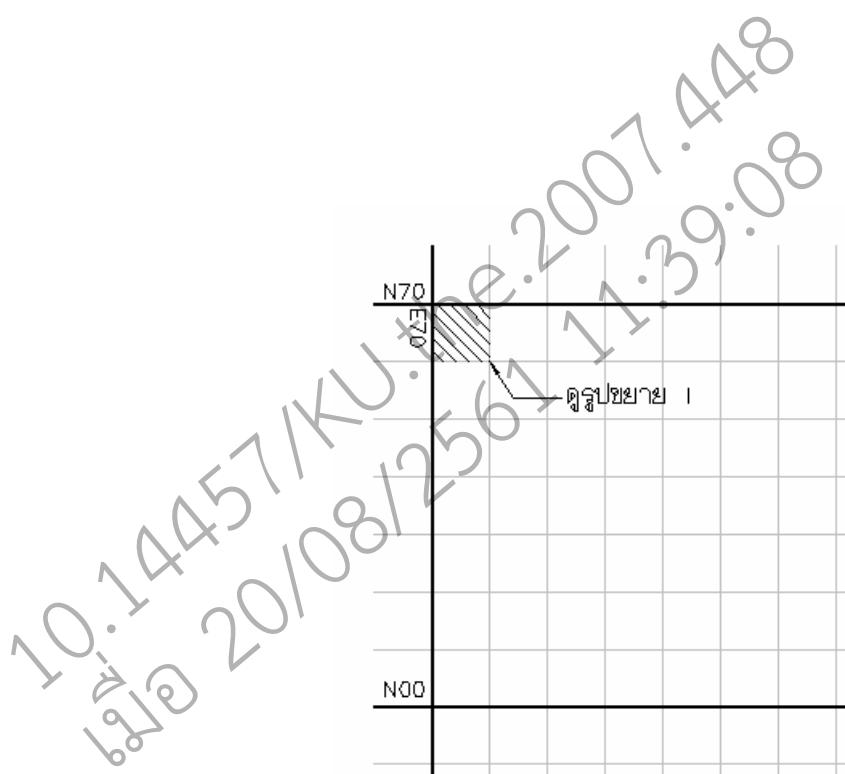
การตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ (consistency) ของข้อมูลฝน นิยมใช้วิธีวิเคราะห์สะสมเชิงซ้อน (double mass analysis) วิธีการตรวจสอบกระทำโดยการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนรายปีสะสมของสถานีที่จะตรวจสอบกับค่าปริมาณฝนรายปีสะสมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเหลือจากสถานีต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ร่อง ๆ การเปรียบเทียบกระทำโดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนรายปีสะสมของสถานีที่ต้องการจะตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีสะสมจากสถานีต่าง ๆ หากข้อมูลเชื่อถือได้ กราฟที่พล็อตได้จะเป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ แต่หากว่ากราฟที่พล็อตได้มีความลาดชันได้หลายค่า แสดงว่าข้อมูลปริมาณฝนของสถานีที่ตรวจสอบยังเชื่อถือไม่ได้ เพราะอาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างโดยอย่างหนึ่งเกิดขึ้นในปีที่เป็นจุดเปลี่ยนความลาดชันของกราฟที่พล็อต ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็คืออาจจะมีการย้ายที่ตั้งเครื่องวัดน้ำฝน, อาจจะมีการเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่ หรือเปลี่ยนเวลาทำการวัด เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้จะต้องทำการปรับแก้ข้อมูลเสียก่อน (วีระพล, 2531)

3. การแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนเพื่อใช้ในภาพถ่ายดาวเทียม

ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geo-coordinate) ของแต่ละสถานี จะต้องทำการแปลงเป็นค่าตำแหน่งจุดพิกเซล (pixel) ตามตำแหน่งในภาพถ่ายดาวเทียมที่มีช่วงพิกัดทางภูมิศาสตร์ทางด้านเหนือ-ใต้ N70 – S20 และทางด้านตะวันออก-ตะวันตก E70 – E160 โดยที่ความละเอียดของแต่ละพิกเซลในภาพถ่ายดาวเทียม เท่ากับ 1/20 องศา และภาพถ่ายดาวเทียมมีขนาด 1800x1800 พิกเซล ดังที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 10, ภาพที่ 11 และภาพที่ 12 ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนเพียงสถานีเดียว ได้แก่ สถานีโครงการคลองวัว อําเภอหาดใหญ่ ซึ่งมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ LAT 07-00-34 , LON 100-26-14 โดยจะมีวิธีการแปลงค่าดังนี้

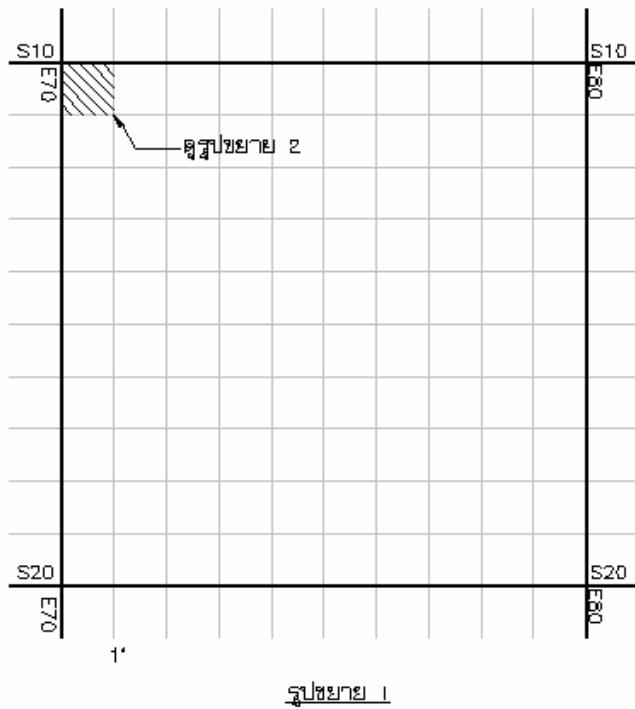
$$1/20 \text{ องศา} = 1 \text{ พิกเซล} \quad \text{หมายความว่า} \quad 1 \text{ องศา} = 20 \text{ พิกเซล}$$

$$1/20 \text{ องศา} = 3 \text{ ลิปดา} \quad \text{หมายความว่า} \quad 1 \text{ พิกเซล} = 3 \text{ ลิปดา}$$



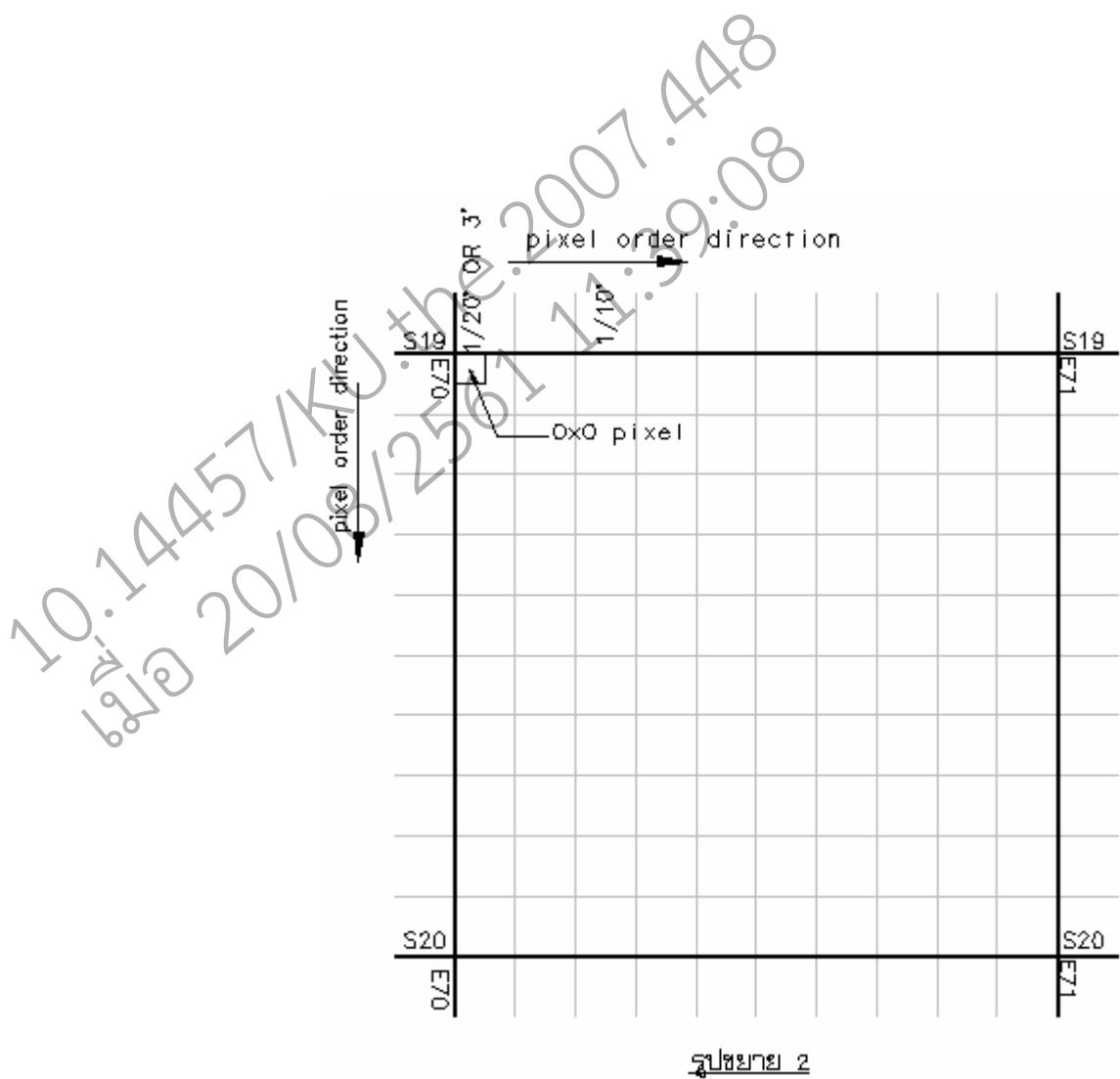
1/20 degree resolution. 1800 x 1800 pixels.

ภาพที่ 10 แสดงขอบเขต และความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากดาวเทียม GMS-5



ดูรูปข่าย 1

ภาพที่ 11 แสดงรูปข่าย 1 เพื่อแสดงช่องกริดทุก ๆ 1 องศา



ภาพที่ 12 แสดงรูปขยาย 2 เพื่อแสดงช่องกริดทุก ๆ 1/20 องศา

ทำการแปลงค่าส่วนหนึ่ง-ได้ (N หรือ แกน Y) LAT 07-00-34 จะได้
จาก S20 ถึง N0 มีความแตกต่างกัน 20 องศา ดังนั้น ต้องนำค่า 7 องศาไปรวมกับส่วน
ต่างนี้ก่อนที่จะนำมาหาตำแหน่งพิกเซล ก็คือ

$$\begin{aligned}
 \text{LAT } 07-00-34 &= (20+7) \times 20 + (0+34/60)/3 \\
 &= 540 + 0.1889 \\
 &= 540.1669
 \end{aligned}$$

เนื่องจากลำดับของพิกเซลเริ่มจากด้านบนลงล่าง และในที่นี่ได้พัฒนาโปรแกรมโดย
เริ่มจากพิกเซลที่ 0x0 ดังนั้นจะต้องนำไปหักออกจาก 1800 แล้วปัดเศษลง

$$\begin{aligned}
 \text{LAT } 07-00-34 &= 1800 - 540.1669 \\
 &= 1259.833
 \end{aligned}$$

ก็จะได้ตำแหน่งพิกเซลที่ 1259

ทำการแปลงค่าส่วนตัววันออก-ตัววันตก (E หรือ แกน X) LON 100-26-14 จะได้
จาก E70 ถึง E100 มีความแตกต่างกัน 30 องศา ดังนั้น ต้องนำค่า ส่วนต่างที่ได้นี้ไปใช้
ในการคำนวณหาตำแหน่งของพิกเซล ก็คือ

$$\begin{aligned} \text{LON } 100-26-14 &= (100-70) \times 20 + (26+14/60)/3 \\ &= 600 + 8.7444 \\ &= 608.7444 \end{aligned}$$

ก็จะได้ตำแหน่งพิกเซลที่ 608

จากค่าที่คำนวณได้นามาร่วมกันเป็นตำแหน่งพิกเซลภายในภาพถ่ายดาวเทียม ตาม
แนวแกน x และ แกน y ก็จะได้เป็นตำแหน่งพิกเซลที่ (608,1259) สำหรับตำแหน่งสถานีภายนอกใน
ภาพถ่ายดาวเทียมของสถานีโครงการคลองวัด อำเภอหาดใหญ่ เป็นต้น

4. การแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตามตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทน

เมื่อได้ตำแหน่งของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนในภาพถ่ายดาวเทียมแล้ว แต่ละตำแหน่งที่
ได้จะต้องนำมาแปลงค่าความส่วนในตำแหน่งพิกเซลนั้นให้เป็นค่าอุณหภูมิยอดเมฆ โดยที่
ช่องสัญญาณของดาวเทียม GMS-5 มีช่องสัญญาโนินฟราเรดทั้งหมด 3 ช่อง ได้แก่ IR1, IR2 และ
IR3 ซึ่งแต่ละช่องสัญญาณจะทำการถ่ายภาพทุก ๆ 1 ชั่วโมง ดังนั้นจะต้องทำการแปลงสัญญาณ
ภาพถ่ายดาวเทียมของแต่ละช่องสัญญาณทุกชั่วโมง ก็คือ เมื่อได้ค่าความส่วนในตำแหน่งพิกเซล
ของแต่ละสถานีมาแล้วก็ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าความส่วนในไฟล์ข้อมูลการเปรียบเทียบซึ่งได้
ทำการดาวน์โหลด มาในคราวเดียวกันกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อที่จะแปลงข้อมูลความส่วนที่
ได้เป็นอุณหภูมิยอดเมฆ แล้วนำมาจัดเรียงในตารางอุณหภูมิของแต่ละชั่วโมงในแต่ละวันของทุก
สถานี หลังจากนั้นจึงจะสามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนรายวันของแต่ละสถานีได้
โดยที่ข้อมูลฝนรายวันที่รวมมาจากสถานีวัดน้ำฝนนั้นโดยปกติจะทำการเก็บค่าฝนประจำวัน
เวลาประมาณ 7.00 น. เมื่อเทียบกับเวลาในประเทศไทย ซึ่งถ้าเทียบกับเวลาตามมาตรฐานเมืองกรีนิช
(GMT) จะตรงกันที่เวลา 0.00 น. ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าฝนรายวันกับช่วงเวลาเมฆเย็นรายวัน
จะทำการเปรียบเทียบตามเวลาตามมาตรฐานกรีนิชได้ในช่วงเวลา 0.00 น ถึง 23.00 น.

5. การวิเคราะห์เปรียบเทียบ และการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล

หลังจากที่ได้ค่าอุณหภูมิทั้งสามช่วงของสัญญาณแต่ละช่วงไว้ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของทุกสถานีแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาจัดเรียง และทำการนับจำนวนช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบ ซึ่งช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบคือ 220 – 250 เคลวิน ซึ่งคาดว่าจะเกิดฝน ณ อุณหภูมิค่าใดค่าหนึ่งในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดขึ้นนี้ โดยมีสมมุติฐานในการนับจำนวนช่วงที่มีอุณหภูมน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนด คือ ถ้ามีจำนวนค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดต่อเนื่องกันมากกว่าสองช่วงขึ้นไปจะนำมาใช้ในการนับช่วงไว้ ดังนั้นค่าเริ่มต้นน้อยที่สุดจึงเป็นค่า สามช่วงไว้ สาเหตุที่ใช้ค่าเริ่มต้นในการนับจำนวนช่วงไว้จะสะ师范รายวันเป็นสามช่วงไว้เนื่องมาจากภาพถ่ายดาวเทียมทำการถ่ายภาพ 1 ภาพต่อช่วงไว้ ช่วงเวลาระหว่างแต่ละภาพถ่ายนั้นระดับความสูงของเมฆอาจจะต่ำลงจากระดับที่ทำให้เกิดอุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลได้ ดังนั้น เมื่อใช้ค่าเริ่มต้นในการนับจำนวนช่วงไว้เป็นสามช่วงไว้ ทำให้มั่นใจได้มากขึ้นว่าช่วงเวลาระหว่างแต่ละภาพถ่ายนั้น ความสูงของเมฆนั้นอยู่ในระดับสูงมากพอที่จะทำให้เกิดอุณหภูมิยอดเมฆที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบนั้น

ในกระบวนการนี้ได้พัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้ในการนับจำนวนช่วงไว้ และ source code ก็จะแสดงไว้ในภาคผนวก ฯ เมื่อได้ผลลัพธ์การนับจำนวนช่วงไว้ทั้งหมดแล้วก็จะทำการคัดข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์กับฝนที่เกิดขึ้น ในที่นี้ไม่ได้นำช่องสัญญาณชนิดมองเห็นได้ (visible channel) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากมีข้อจำกัดในความต่อเนื่องของข้อมูลในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนเป็นข้อมูลฝนรายวัน ดังจะได้แสดงข้อสมมุติฐานและเทคนิควิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบดังต่อไปนี้

5.1 ข้อสมมุติฐาน

ก. เมฆเย็นจะทำให้เกิดฝนก็ต่อเมื่อเมฆมีการเคลื่อนตัวไปจนถึงความสูงที่เกิดจุดเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน (threshold height) นั้นก็คือมีความสูงพอที่จะทำให้เกิดฝน

ข. ความสูงจุดเปลี่ยนแปลงซึ่งก็คือถ้าจุดใดที่อยู่เหนือจุดนี้ขึ้นไปก็จะเป็นเมฆที่ทำให้เกิดฝนได้ แต่ถ้าเป็นจุดที่อยู่ต่ำกว่าจุดนี้ก็จะเป็นเมฆที่ไม่ทำให้เกิดฝน โดยที่ถ้าจุดเปลี่ยนแปลงนี้

ตรงกันกับอุณหภูมิยอดเมฆที่ແນ່ນອນແລ້ວ ດັ່ງນັ້ນຄວາມສູງຈຸດເປົ້າຢັ້ງແປງນີ້ຈະຄູກແສດງອູ່ໃນເທິອນ
ຂອງອຸນຫຼວມຍົດເມັນ

ค. ປຣິມາລຸ່ມຂອງຝ່ານທີ່ຕົກເຫັນອຳຕໍາແໜ່ງໄດ້ຈະເປັນສັດສ່ວນ ໂດຍຕຽບກັບຊ່ວງເວລາທີ່ອຸນຫຼວມ
ເມັນເກີນມີອຸນຫຼວມສູງທີ່ສຸດຕໍ່ກ່າວ່າອຸນຫຼວມຈຸດເປົ້າຢັ້ງແປງ ຊ່ວງເວລາດັ່ງກ່າວຈະເຮັກວ່າຊ່ວງເວລາເມັນ
ເກີນ (Cold Cloud Duration, CCD)

ງ. ຄ່າຊ່ວງເວລາເມັນເກີນທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນການວິເຄຣະໜ້າ ຈະໃຊ້ຂໍ້ມູນຊ່ວງເວລາເມັນເກີນທີ່ເກີດຂຶ້ນ
ຕ່ອນື່ອງກັນມາກວ່າ 2 ຂໍ້ວິໂມງເປັນດັ່ນໄປ ນັ້ນຄື່ອຈະຕ້ອງກິດຊ່ວງເວລາເມັນເກີນຕ່ອນື່ອງກັນອ່າງນຳ້ນ 3
ຂໍ້ວິໂມງຈີ່ຈະນຳມາຄົດເປັນຊ່ວງເວລາເມັນເກີນ

ຈ. ຄ່າຊ່ວງເວລາເມັນເກີນທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນການວິເຄຣະໜ້າ ຈະນຳພດລວມຂອງຊ່ວງເວລາເມັນເກີນ
ຮາຍວັນນາໃຊ້ໃນການວິເຄຣະໜ້າເປົ້າຢັ້ງແປງ ມາຍຄວາມວ່າຈະໃຊ້ພດລວມຂອງຊ່ວງເວລາເມັນເກີນທີ່ເກີດຂຶ້ນ
ກາຍໃນ 24 ຂໍ້ວິໂມງ ຮັນ ອຸນຫຼວມຈຸດເປົ້າຢັ້ງແປງໄດ້ ທີ່ໃຊ້ໃນການທົດສອນ ລັ້ງຈາກທີ່ໄດ້ຫາພດລວມຂອງ
ຊ່ວງເວລາເມັນເກີນກາຍໃນໜຶ່ງວັນເສື່ອງສິ້ນກໍຈະທຳການເຮີ່ມຕົ້ນຫາພດລວມຂອງວັນໃໝ່ເຊັ່ນນີ້ໄປຈົນຄຽນທຸກ
ວັນ ເຫຼຸ້ມທີ່ຕ້ອງໃຊ້ຄ່າຊ່ວງເວລາເມັນເກີນຮາຍວັນເນື່ອມາຈາກຂໍ້ມູນຝາກພື້ນດິນທີ່ໃຊ້ໃນການວິເຄຣະໜ້າ
ເປົ້າຢັ້ງແປງເປັນຂໍ້ມູນຝາກຮາຍວັນ

ໂດຍທີ່ຄ່າການປະນາມປຣິມາລຸ່ມຝ່ານມີຄວາມສັນພັນຮັບກັບຄ່າຊ່ວງເວລາເມັນເກີນ (CCD) ໃຊ້
ຄວາມສັນພັນຮັບເຊີງເສັ້ນດັ່ງຕ່ອງໄປນີ້

$$\text{Rain}_{\text{est}} = b_1 \text{CCD} + b_0 \quad (5)$$

ເມື່ອ Rain_{est} = ຄ່າການປະນາມປຣິມາລຸ່ມຝ່ານ (Estimated Rainfall)

CCD = ຄ່າຊ່ວງເວລາເມັນເກີນ (Cold Cloud Duration)

b_1, b_0 = ຄ່າສັນປະສົງທີ່ ແລະ ຄ່າຄົງທີ່ຂອງຄວາມສັນພັນຮັບກັບຊ່ວງເວລາອຸນຫຼວມ
ເມັນເກີນ (CCD) ກັບຂໍ້ມູນປຣິມາລຸ່ມຝ່ານພື້ນດິນ ຕາມດຳລັບ

ການທີ່ເລືອກໃຊ້ສົມການຄວາມຄົດຄອຍເຊີງເສັ້ນແບນຈ່າຍ (Simple Linear Regression) ນີ້ນ້ອຍໆ
ບັນສົມນຸຕິສູານທີ່ວ່າເມື່ອມີຄ່າຊ່ວງເວລາເມັນເກີນ (CCD) ຮັນ ອຸນຫຼວມທີ່ຕໍ່ກ່າວ່າອຸນຫຼວມຈຸດເປົ້າຢັ້ງແປງທີ່
ເໜັກສົມ (Optimum Threshold Temperature) ທີ່ນານຂຶ້ນ ກໍມີໂຄກສາທີ່ຈະເກີດຝາກຍິ່ງຂຶ້ນດັ່ງນັ້ນ
ຄວາມສັນພັນຮັບກັບຊ່ວງເວລາເມັນເກີນ ແລະ ຊ່ວງເວລາເມັນເກີນຈຶ່ງນໍາຈະມີຄວາມສັນພັນຮັບກັບ
ເຊີງເສັ້ນ

5.2 เทคนิควิธีการ (Procedures of the Techniques)

- ก. หาค่าของช่วงเวลาอุณหภูมิเมมโมรี่ (CCD) ที่จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆ
- ข. หาอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม (optimum threshold temperature) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา
- ค. ตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของแต่ละเงื่อนไขของปริมาณฝนที่กำหนด
- ง. ปรับแก้ข้อมูลเพื่อทำให้ได้ค่าลุ่มข้อมูลตัวแทนของความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น โดยการคัดเลือกข้อมูลส่วนที่กระจายออกจากกลุ่มข้อมูลออกไป
- จ. หาค่าคงที่ b_0 , ค่าสัมประสิทธิ์ b_1 , สมการ, ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ สำหรับแต่ละช่องสัญญาณของภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละเงื่อนไขของปริมาณฝนที่กำหนด

ผล และวิจารณ์

ผล

1. การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษา

1.1 การรวบรวมข้อมูลฟัน

ผลการรวบรวมข้อมูลฟันจากสถานีวัดน้ำฝนทั้งในส่วนของกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาซึ่งแสดงเป็นข้อมูลฟันรายปีเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฟันในขั้นต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 14 ประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 3 สถานี และสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 5 สถานี ดังต่อไปนี้

สถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน

1. รหัส 58210 โครงการชลประทานคลองวด
2. รหัส 58320 โครงการชลประทานคลองจำไหร-หอยโ่ง
3. รหัส 58341 คลองอู่ตะเภา (X.173) บ้านคลองเมะ อําเภอหาดใหญ่

สถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา

1. รหัส 58022 ที่ว่าการอำเภอหาดใหญ่
2. รหัส 58102 ที่ว่าการอำเภอสะเดา
3. รหัส 58112 สถานีตรวจอากาศเกย์ตระกอนหงส์
4. รหัส 58232 ที่ว่าการอำเภอหนองคาย
5. รหัส 58332 สถานีวัดน้ำฝนสนามบินหาดใหญ่

รหัสที่ใช้นำหน้าชื่อสถานีสามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้ กล่าวคือ รหัสทั้งหมด 5 ตัว มี 2 ตัวแรกเป็นรหัสจังหวัด ตัวที่ 3 และ 4 เป็นรหัสสถานี ส่วนตัวสุดท้ายเป็นรหัสหน่วยงาน ยกตัวอย่างเช่น 58210 สามารถแยกออกได้ดังนี้

| | | |
|----|---------|------------------|
| 58 | หมายถึง | รหัสจังหวัดสงขลา |
| 21 | หมายถึง | รหัสสถานี |
| 0 | หมายถึง | รหัสหน่วยงาน |

โดยที่รหัสหน่วยงานยังสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้อีกดังนี้

| | | |
|------|---------|------------------|
| 0, 1 | หมายถึง | กรมคลังประทาน |
| 2, 3 | หมายถึง | กรมอุตุนิยมวิทยา |

မျှေးဆုံးသော အမြတ်အမြတ် ရေးလုပ်မှု ဖြစ်ခဲ့သည်။

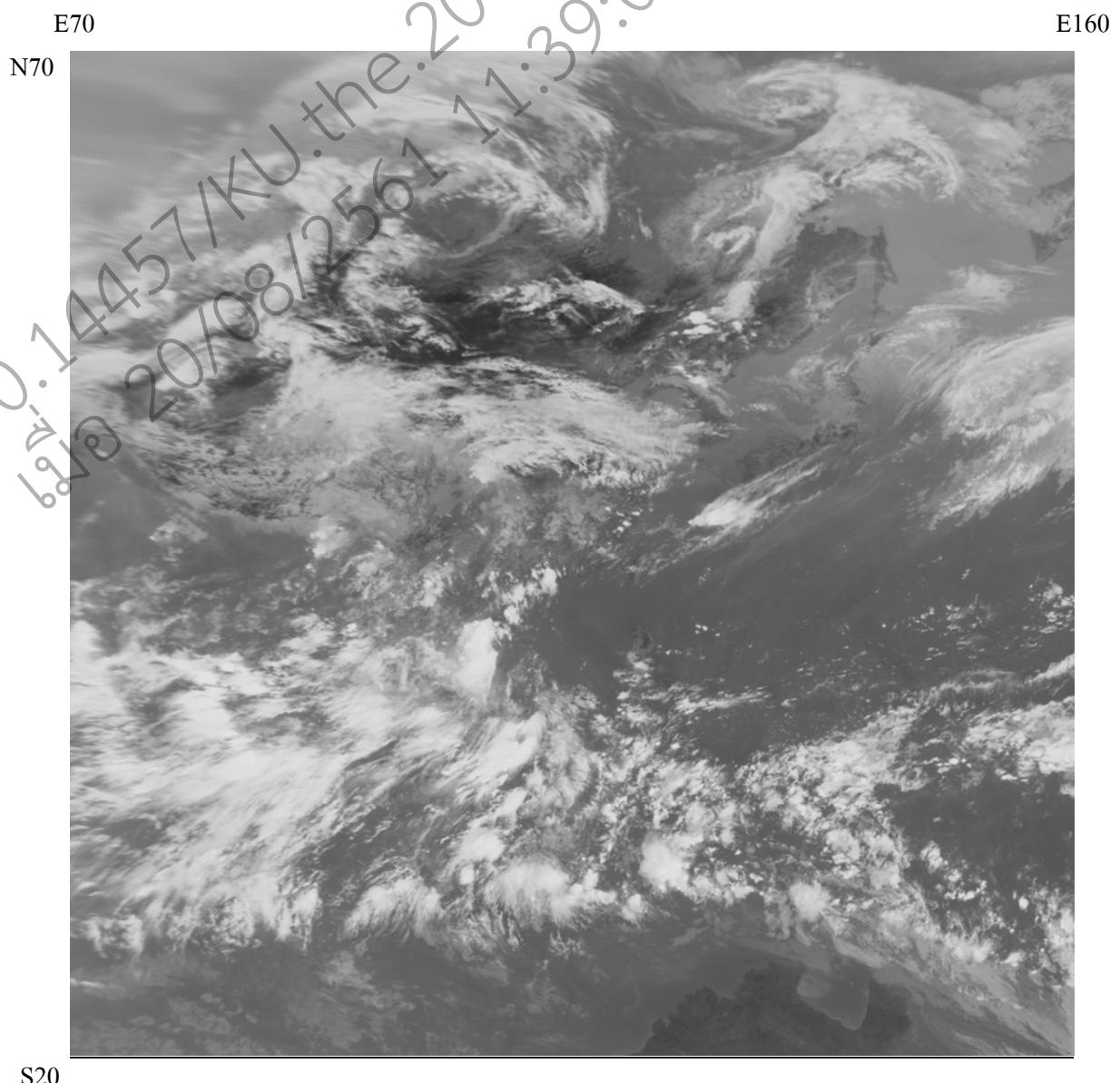
ตารางที่ 11 (ต่อ)

| รหัส สถาบัน | หน่วยงาน | ข้อมูลแผนร่างปี ค.ศ. (บ.บ.) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2530 | 2531 | 2532 | 2533 | 2534 | 2535 | 2536 | 2537 | 2538 | 2539 | 2540 | 2541 | 2542 | 2543 | 2544 | 2545 |
| 58022 ที่ว่าการอำเภอหาดใหญ่ | กรมอุตุนิยมวิทยา | 1525.9 | 4657.8 | 1137.8 | 1181.5 | 1446.3 | 1089.0 | 1884.4 | 1515.8 | 1612.1 | 1735.1 | 1313.5 | 1904.2 | 2420.7 | 4546.4 | 1788.3 | 360.8 |
| 58102 ที่ว่าการอำเภอสะเดา | กรมอุตุนิยมวิทยา | 852.7 | 1136.2 | 1101.6 | 976.6 | 1448.9 | 1238.0 | 1506.3 | 1495.7 | 455.9 | - | 1100.2 | 43.4 | 1436.7 | 2253.6 | 1848.1 | 1133.6 |
| 58112 สถาบันตรวจสอบมาตรฐานทางสี | กรมอุตุนิยมวิทยา | 1910.3 | 2117.5 | 1294.1 | 1466.2 | 1478.3 | 1334.4 | 2355.8 | 1939.4 | 2126.6 | 1974.2 | 1925.2 | 2080.8 | 2792.8 | 2859.7 | 1985.9 | 580.4 |
| 58210 โครงการชลประทานหนองจ้าว | กรมอุตุนิยมวิทยา | 1675.9 | 1844.8 | 1236.2 | 1261.4 | 1969.6 | 1511.1 | 1874.5 | 1827.1 | 1855.8 | 2121.5 | - | 2006.8 | 1955.4 | 2742.5 | 1409.9 | - |
| 58232 ที่ว่าการอำเภอหนองคาย | กรมอุตุนิยมวิทยา | 2021.6 | 2063.4 | 1627.3 | 1256.3 | 1443.5 | 1222.1 | 2214.0 | 2028.9 | 2184.2 | 1761.3 | 1769.8 | 1953.2 | 2584.0 | 2836.2 | 1838.0 | 936.0 |
| 58320 โครงการชลประทานคลอง จำปา-ห้วยใหญ่ | กรมชลประทาน | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1375.5 | 1176.4 | 1604.8 | 1432.0 | 1962.4 | 2581.0 | 1296.8 |
| 58332 สถาบันวิจัยและพัฒนาปืนหัดใหญ่ | กรมอุตุนิยมวิทยา | 1699.5 | 1902.3 | 1282.8 | 1167.9 | 1681.8 | 1186.9 | 1667.4 | 1828.9 | 1734.7 | 1864.3 | 1740.9 | 1419.0 | 2268.5 | 2754.1 | 1719.8 | 519.2 |
| 58341 ทดลองชัชชาต (X.173) บ้านคลองเมือง | กรมชลประทาน | - | - | - | - | - | - | 1295.6 | 1605.4 | 1507.1 | 1738.9 | 1461.7 | 1662.0 | 2218.3 | 1642.1 | 2245.3 | 2403.6 |
| | อุณหภูมิ | | | | | | | | | | | | | | | | |

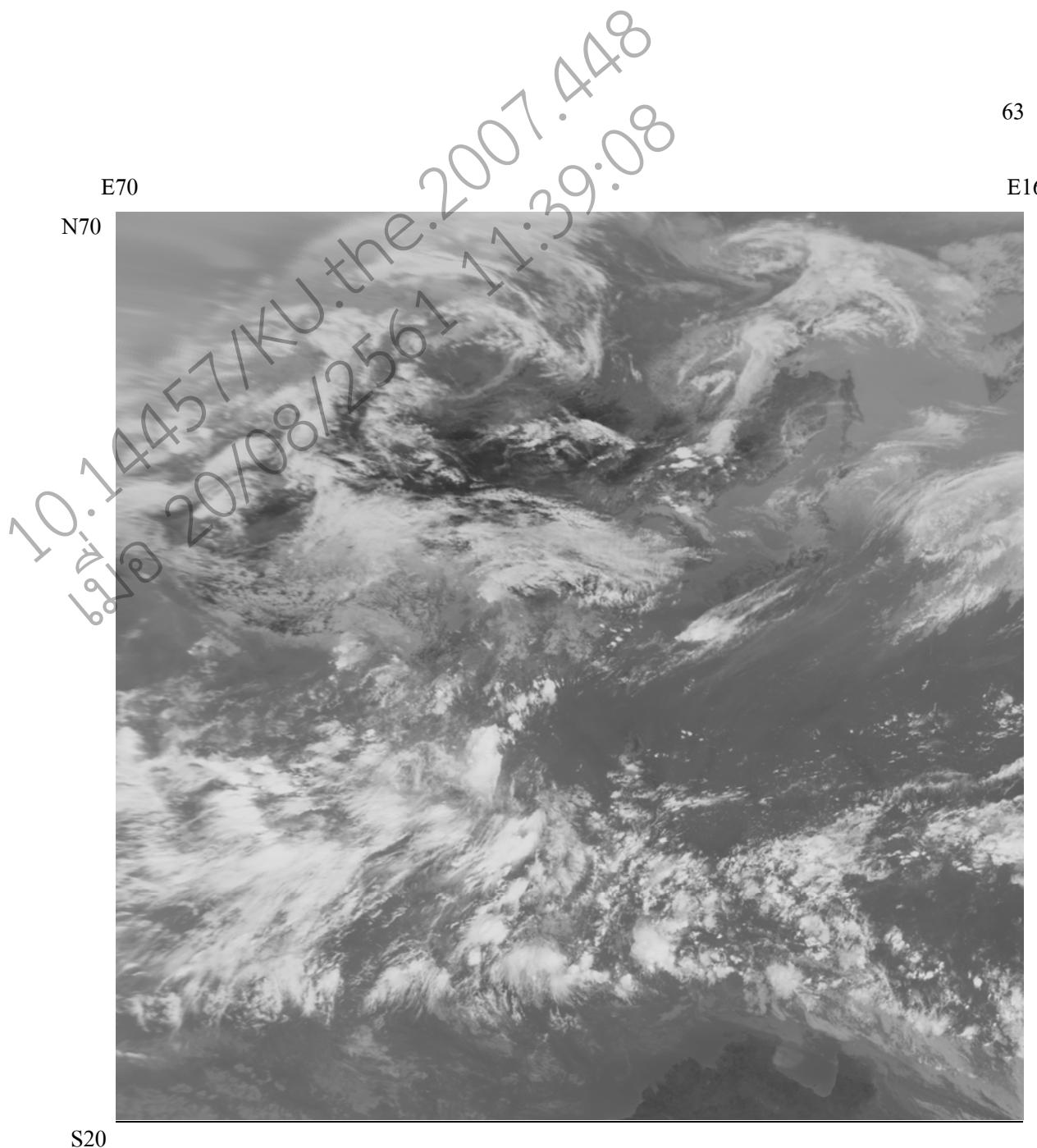
หมายเหตุ ตัวเลขที่มีเส้นตัวผ่านหมายเลข ชื่อหน่วยไม่สมบูรณ์

1.2 การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ผลการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดจะประกอบด้วย ภาพถ่ายดาวเทียมจากช่องสัญญาณอินฟราเรด IR1, IR2, IR3 และช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ (VIS) ทุกชั่วโมง ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2544 และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2544 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 เพื่อลงทะเบียนในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีช่วงพิกัดทางภูมิศาสตร์ทางด้านเหนือใต้ N70 - S20 และทางด้านตะวันออก-ตะวันตก E70 - E160 โดยที่ความละเอียดแต่ละพิกเซลในภาพถ่ายดาวเทียมเท่ากับ 1/20 องศา หรือ 3 ลิปดา ตัวอย่างของภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละช่องสัญญาณจะใช้ข้อมูลวันที่ 1 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 เวลา 5.00 น. (GMT, Greenwich Mean Time) ซึ่งเวลาของประเทศไทยเร็วกว่าเวลามาตรฐานสากล 7 ชั่วโมง ดังนั้น ณ เวลาดังกล่าวเท่ากับเวลา 12.00 น. ของประเทศไทย เนื่องจากเป็นเวลาที่ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ ปรากฏอย่างชัดเจนภาพที่ 13 ถึงภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมของช่องสัญญาณ IR1, IR2, IR3 และช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ ตามลำดับ ภาพที่ 17 แสดงขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ และขอบเขตพื้นที่ศึกษาของดาวเทียม GMS-5 และภาพที่ 18 แสดงขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ของดาวเทียม GMS-5 มีช่วงพิกัดทางภูมิศาสตร์ทางด้านเหนือใต้ N70 – S70 และทางด้านตะวันออก-ตะวันตก E70 – W150 เพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้นในขอบเขตพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ภาพที่ 19 แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่โลก เพื่อแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของโลกทั้งหมด

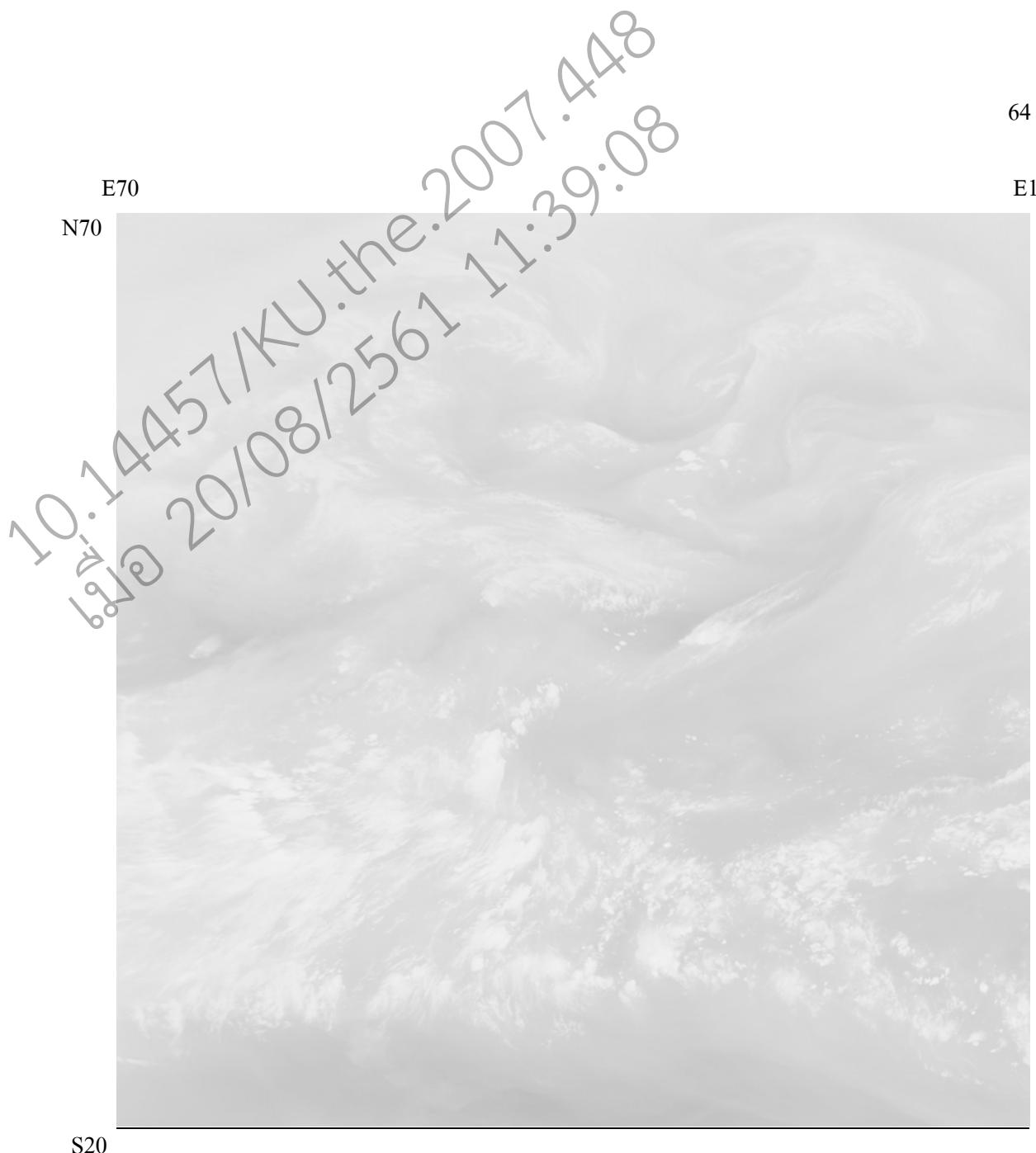


ภาพที่ 13 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสีม่วง IR1 วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น. ในประเทศไทย
ที่มา: มหาวิทยาลัยโภชิ (2545)

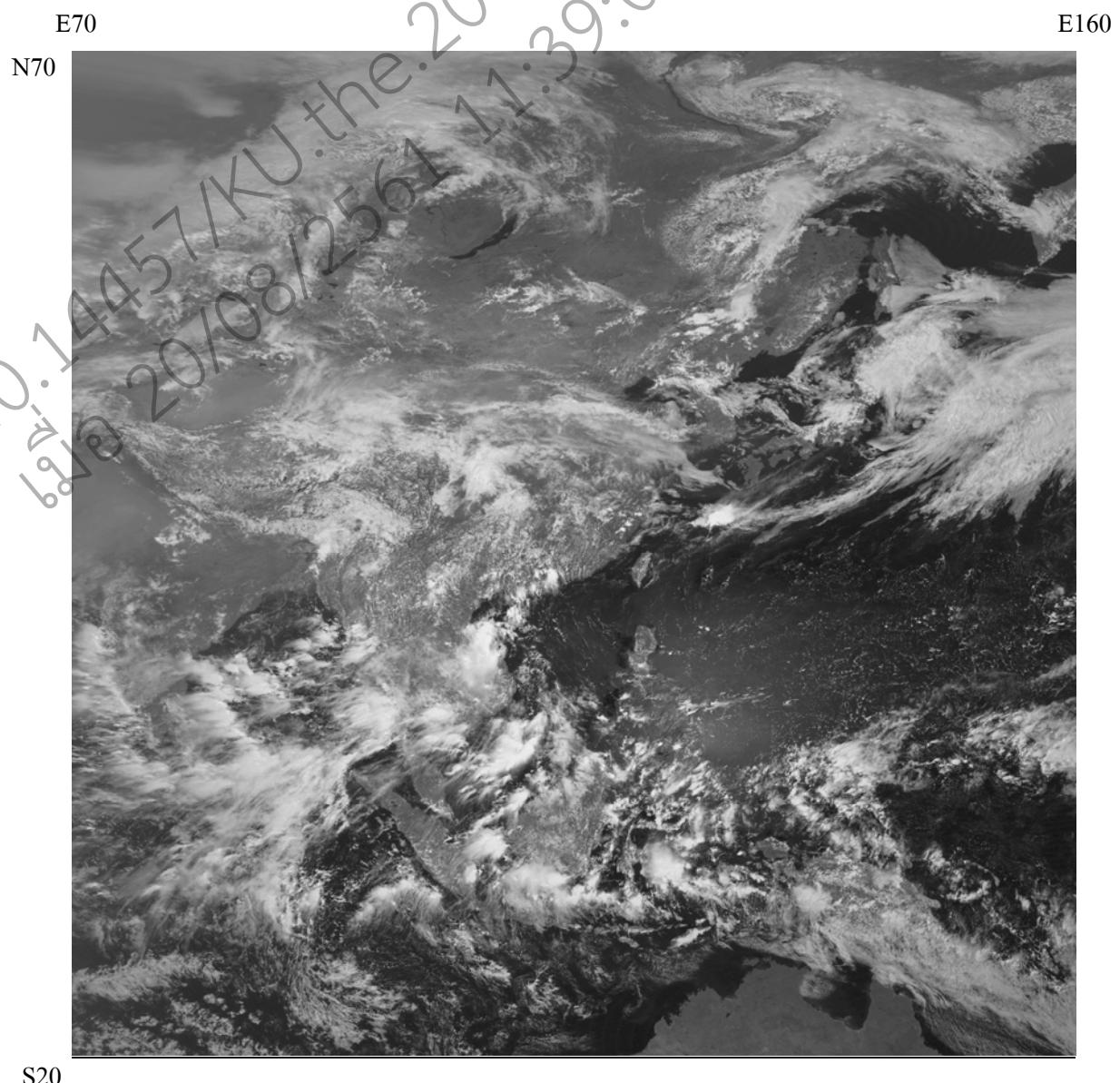


ภาพที่ 14 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสีม่วง IR2 วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น. ในประเทศไทย

ที่มา: มหาวิทยาลัยโภชิ (2545)



ภาพที่ 15 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสัญญาณ IR3 (Water Vapour) วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น. ประเทศไทย
ที่มา: มหาวิทยาลัยโภช (2545)

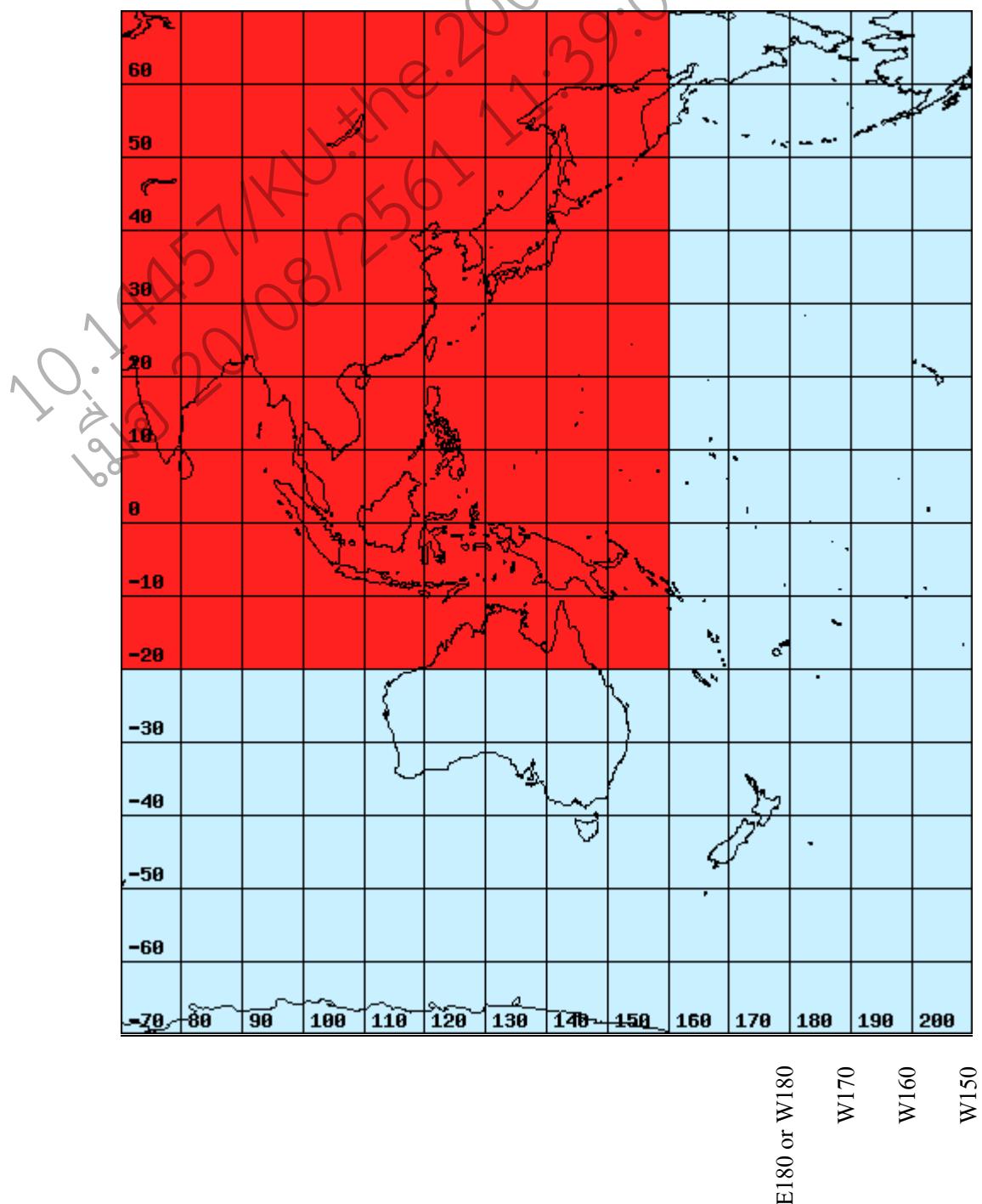


S20

ภาพที่ 16 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ (VIS) วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.

2543 เวลา 5.00 น. (GMT) หรือ 12.00 น. ประเทศไทย

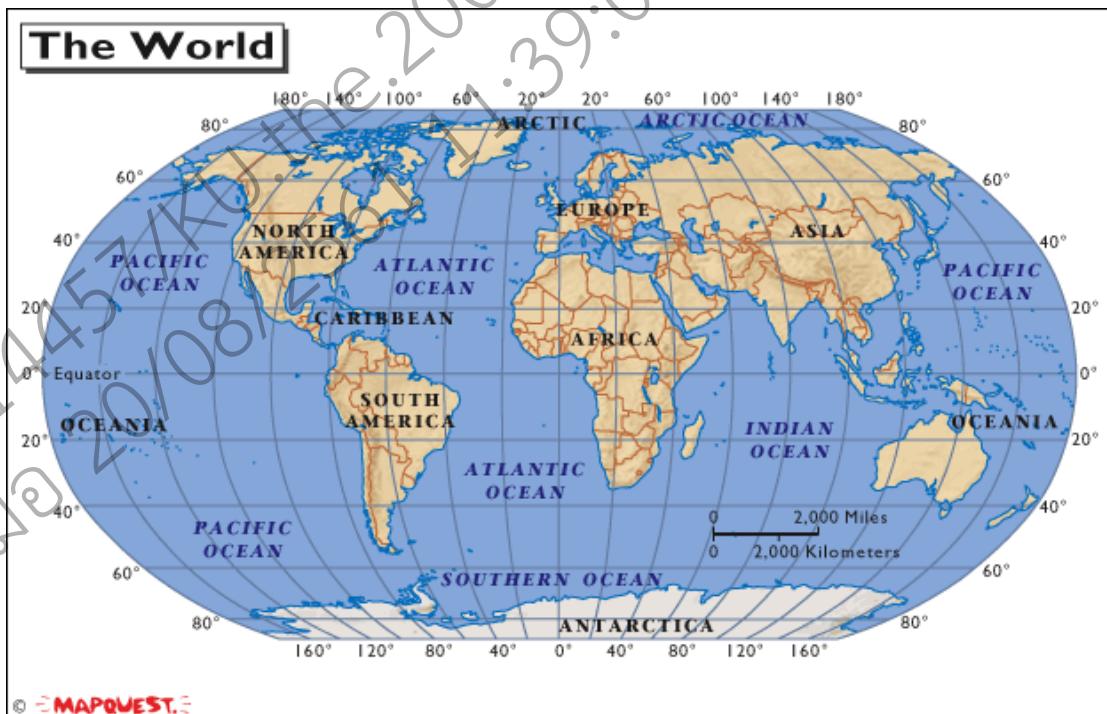
ที่มา: มหาวิทยาลัยโภชิ (2545)



ภาพที่ 17 แสดงขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ และขอบเขตพื้นที่ศึกษาของดาวเทียม GMS-5
ที่มา: มหาวิทยาลัยชอกโก (2545)



ภาพที่ 18 แสดงขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ ของดาวเทียม GMS-5
ที่มา: มหาวิทยาลัย Kochi (2545)



ภาพที่ 19 แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่โลก

ที่มา: มหาวิทยาลัยโภช (2545)

2. การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล (consistency checking) และการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝน

ตัวแทน

จากตารางที่ 11 พบร่วมกับข้อมูลที่สามารถนำมาทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ (consistency) อยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2533 ถึงปี พ.ศ. 2539 เป็นอย่างน้อย สถานี 58102 อำเภอสะเดา ของกรมอุตุนิยมวิทยา และสถานี 58320 คลองจ้าไทร-หอยโข่ง ของกรมชลประทาน จึงถูกคัดออกไปจากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอในช่วงดังกล่าว ดังนั้นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้เพียง 6 สถานี ซึ่งประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 2 สถานี และสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 4 สถานี ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงสถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ

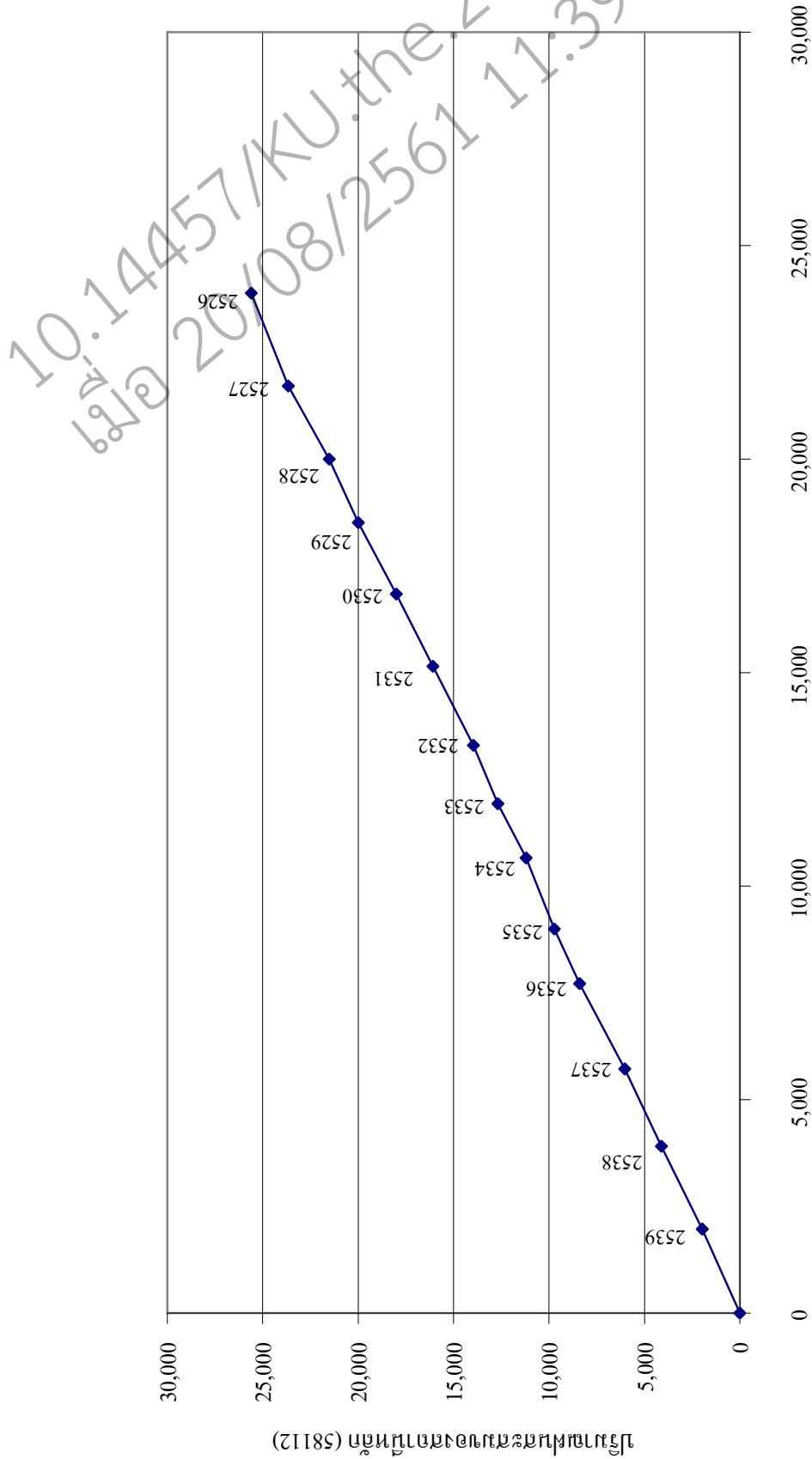
| รหัส | ชื่อสถานี | เส้นรุ้ง(น.) | เส้นแวง(อ.) | หน่วยงาน |
|-------|--|--------------|-------------|------------------|
| | | Latitude | Longitude | |
| 58022 | ที่ว่าการอำเภอหาดใหญ่ | 07-00-03 | 100-27-40 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58112 | สถานีตรวจอากาศเกย์ตรคองหงส์ | 07-00-50 | 100-30-00 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58210 | โครงการชลประทานคลองจราด | 07-00-34 | 100-26-14 | กรมชลประทาน |
| 58232 | ที่ว่าการอำเภอนาหม่อม | 06-58-30 | 100-33-27 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58332 | สถานีวัดน้ำฝนสนามบินหาดใหญ่ | 06-55-00 | 100-24-25 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58341 | คลองอู่ตะเภา (X.173) บ้านคลองแสง อำเภอหาดใหญ่ | 06-47-44 | 100-26-46 | กรมชลประทาน |

สรุปได้ว่า สถานีที่ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้เป็นสถานีวัดน้ำฝน ตัวแทน มีทั้งหมด 6 สถานี ซึ่งจะได้นำไปใช้ในการเปรียบเทียบ, วิเคราะห์ และหาความสัมพันธ์กับ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่อไป ส่วนกราฟที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแต่ละสถานีได้ แสดงไว้ในภาพที่ 20 ถึงภาพที่ 25



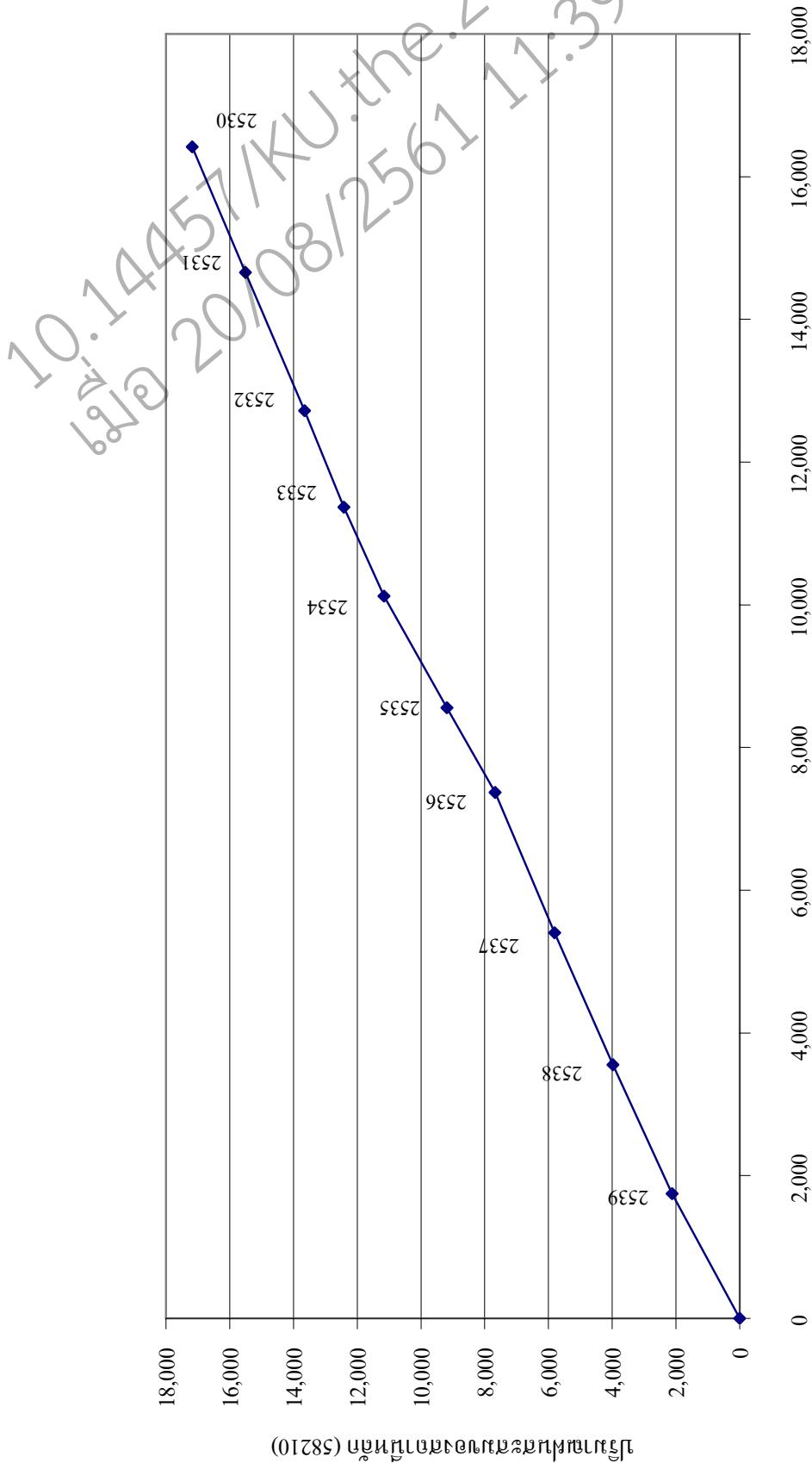
ปริมาณพนังตะแคงที่ลดลงตามลำดับเรื่อยๆ (ตากนี 58210, 58112, 58332, 58232, 58132)

ภาพที่ 20 DOUBLE MASS CURVE ของแผนที่ตําแหน่ง 58022 (ที่ว่าการจังหวัดเชียงใหม่)



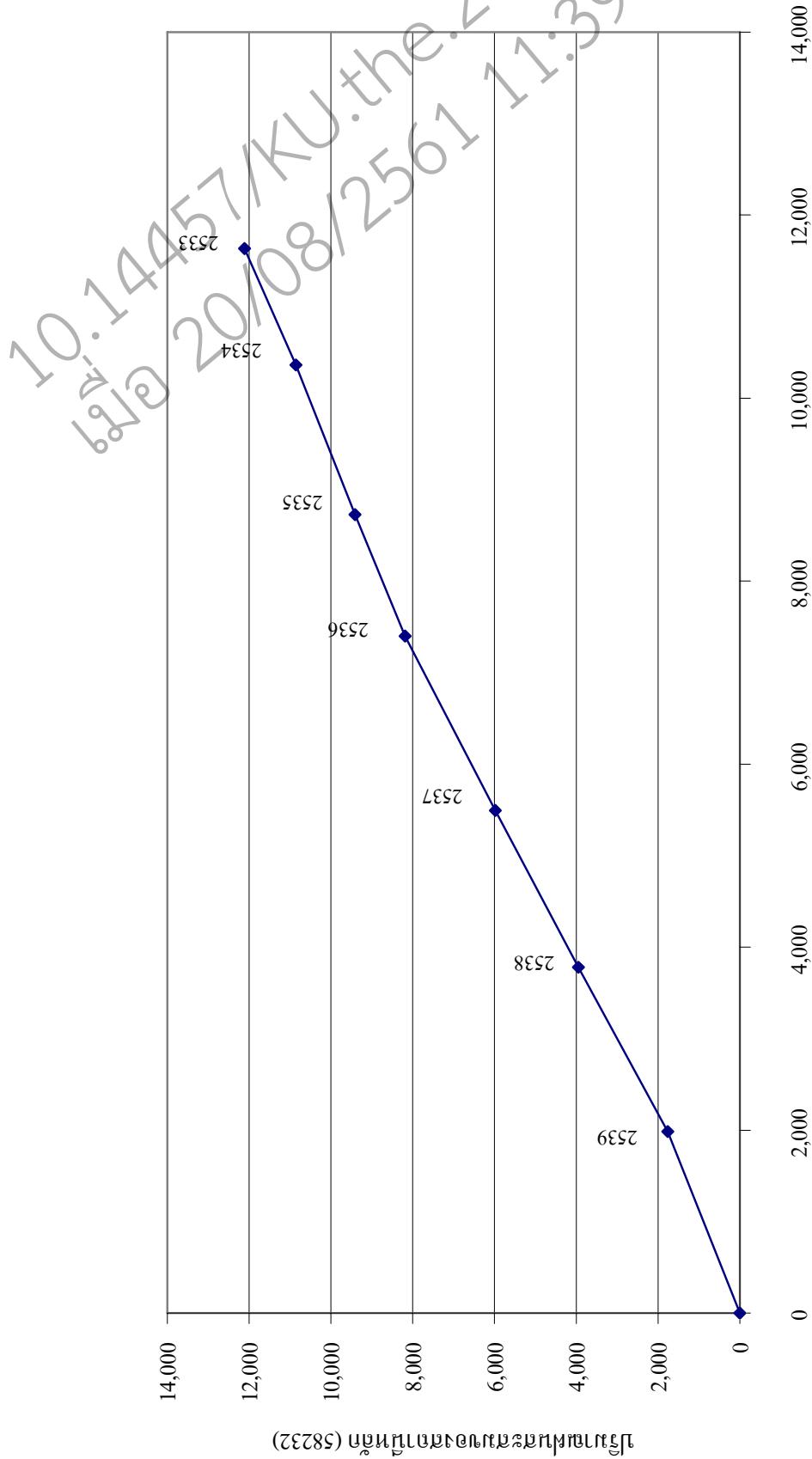
ปริมาณผู้เสียชีวิตของสถานศึกษา (สถานี 58210, 58022, 58013, 58332, 58232)

ภาพที่ 21 DOUBBLE MASS CURVE ของผู้เสียชีวิตใน 58112 (สถานีรวมของสถานศึกษา-คุณภาพ)



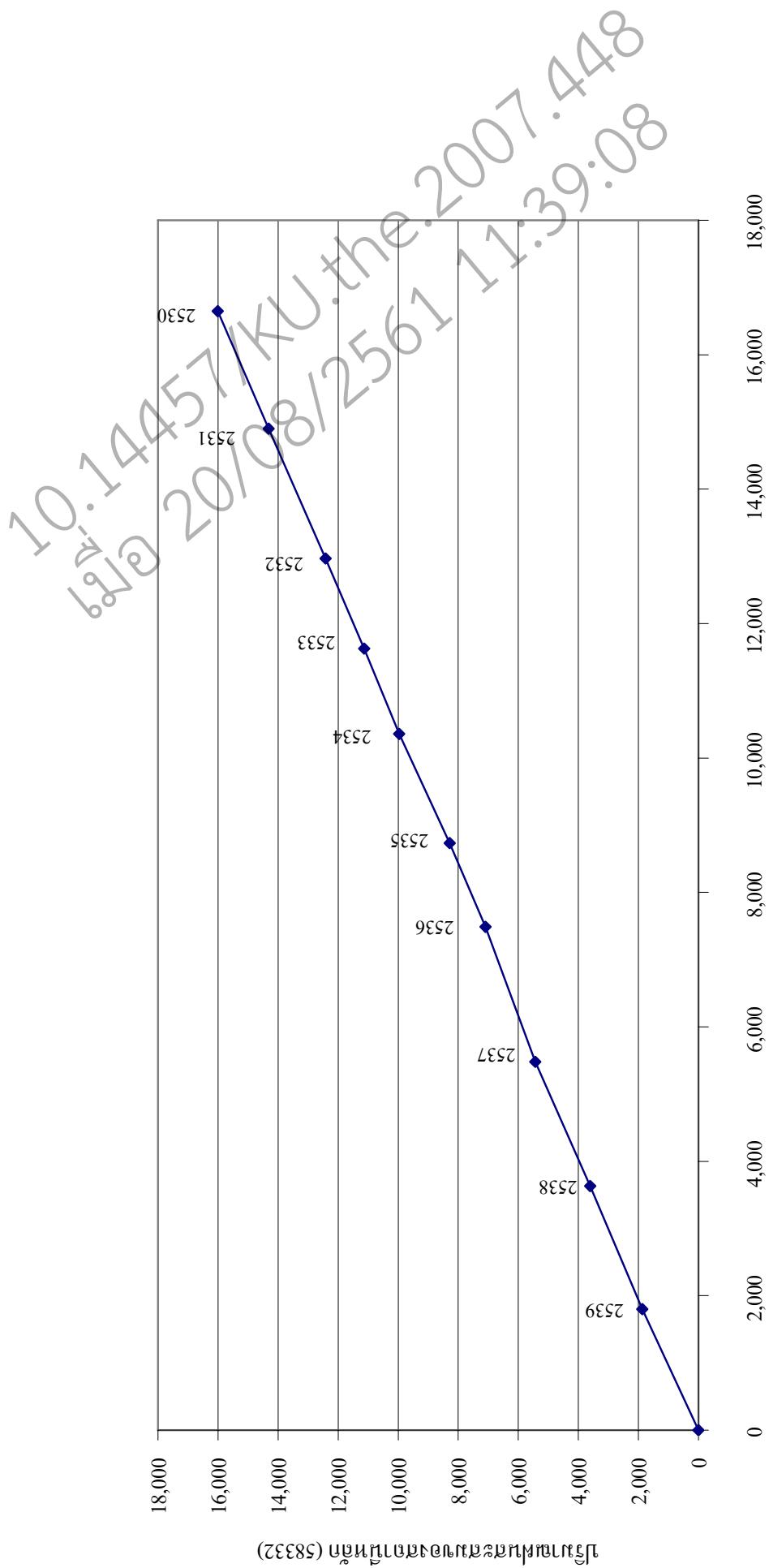
ปริมาณฝนสะสมต่อปีของสถานีน้ำดื่มรัตนี (สถานี 58022, 58112, 58232, 58132, 58332)

ภาพที่ 22 DOUBBLE MASS CURVE ของแผนที่สถานี 58210 (โครงการประมวลผลของฯ)



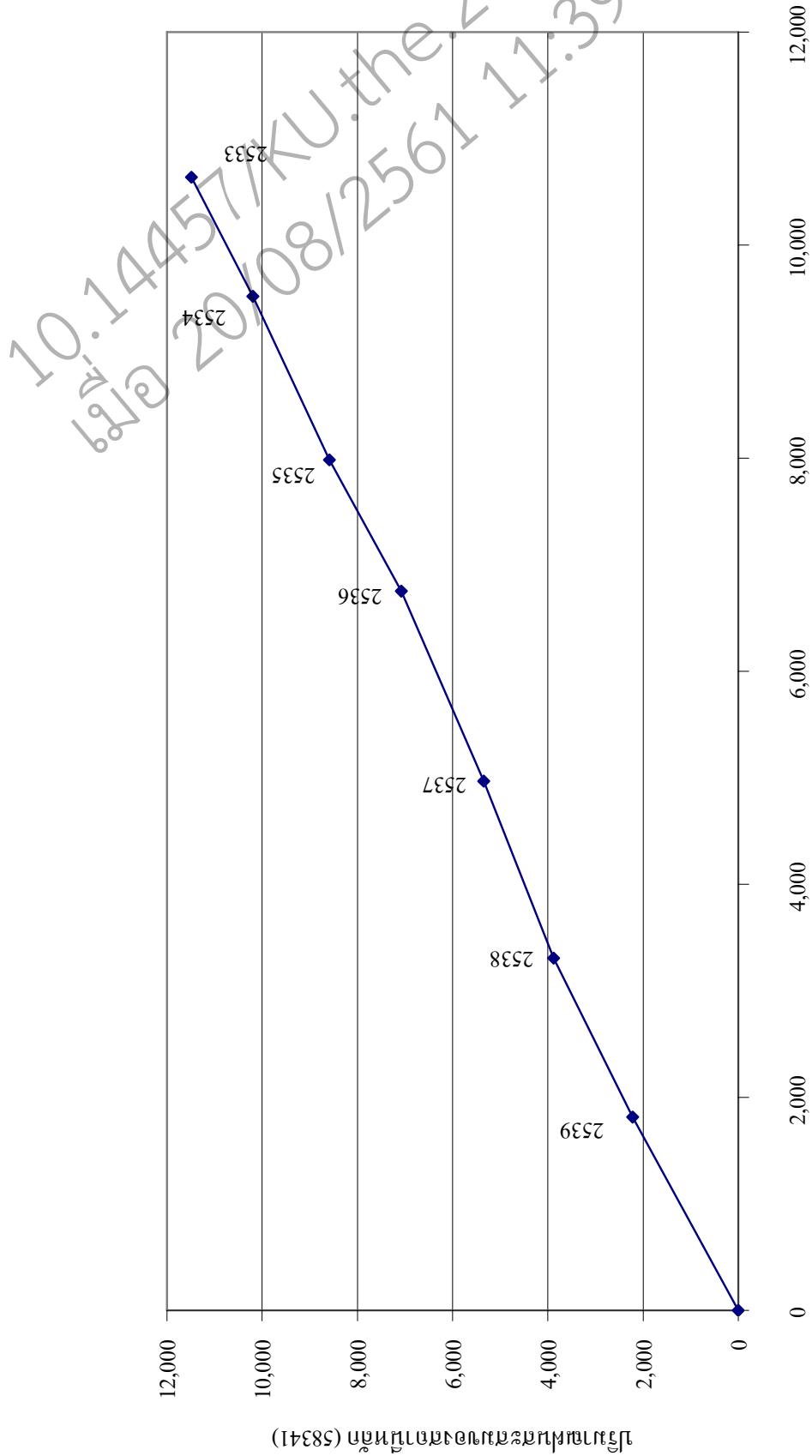
ປະຕິບັດທີນະຄົມບໍລິຫານສານືດຽບນີ້ (ສາກົນ 58332, 58341, 58022, 58210, 58112)

ກາພີ່ 23 DOUBBLE MASS CURVE ລອງແນທ່ສາກົນ 58232 (ທີ່ກ່າວເຈົ້າກອນຫ່າມ)



ปริมาณผู้ติดเชื้อของสถานศึกษานี้ (สถานี 58022, 58132, 58210, 58232, 58112)

ภาพที่ 24 DOUBBLE MASS CURVE ของผู้ติดเชื้อสถานศึกษาครั้งที่ 58332 (สถานีวัดน้ำฝนสถานศึกษาครั้งที่ 58332)



ภาพที่ 25 DOUBLE MASS CURVE ของผู้ที่สถาบัน 58341 (ครุฑ์อุตสาหการ X.173) นำกล่องลงชั่วคราว

ปริมาณผู้ที่สถาบัน 58341 (ครุฑ์อุตสาหการ X.173) นำกล่องลงชั่วคราว (สถาบัน 58022, 58102, 58221, 58332, 58232)

3. การแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนเพื่อใช้ในภาพถ่ายดาวเทียม

ตารางที่ 13 แสดงผลลัพธ์การแปลงค่าพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-coordinate) ของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนตัวแทน

ตารางที่ 13 แสดงค่าพิกัดตำแหน่งพิกเซลของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนบนภาพถ่ายดาวเทียม

| รหัส | ชื่อสถานี | X | Y | เส้นรุ้ง(น.) เส้นแบ่ง(อ.) | | หน่วยงาน |
|-------|--|-----|------|---------------------------|-----------|------------------|
| | | | | Latitude | Longitude | |
| 58022 | ที่ว่าการอำเภอหาดใหญ่ | 609 | 1259 | 07-00-03 | 100-27-40 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58112 | สถานีตรวจอากาศเกย์ตระกูลหงส์ | 609 | 1259 | 07-00-50 | 100-30-00 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58210 | โครงการชลประทานคลองวาด | 608 | 1259 | 07-00-34 | 100-26-14 | กรมชลประทาน |
| 58232 | ที่ว่าการอำเภอนาหม่อม | 611 | 1260 | 06-58-30 | 100-33-27 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58332 | สถานีวัดน้ำฝนสนามบินหาดใหญ่ | 608 | 1261 | 06-55-00 | 100-24-25 | กรมอุตุนิยมวิทยา |
| 58341 | คลองอู่ตะเภา (X.173) บ้านคลองแระ อำเภอหาดใหญ่ | 608 | 1264 | 06-47-44 | 100-26-46 | กรมชลประทาน |

4. การแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตามตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทน

ตารางที่ 14 ได้แสดงตัวอย่างตารางค่าอุณหภูมิที่ได้จากการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในที่นี้ได้แสดงข้อมูลในตารางเพียง 1 วัน เนื่องจากข้อมูลมีเป็นจำนวนมาก และสามารถดูข้อมูลทั้งหมดได้ในไฟล์ชื่อ t2000-n.pix.xls และ t2001-n-pix.xls ซึ่งภายในไฟล์เข้าไปในชีดชื่อ 2000n-IR1, 2000n-IR2 และ 2000n-IR3 ตามลำดับของช่องสัญญาณดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจสอบ โดยที่ขึ้นตอนกระบวนการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนี้มีความซับซ้อนยุ่งยาก และใช้เวลาเป็นอันมาก ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเพื่อปฏิบัติการในขั้นตอนนี้โดยเฉพาะ ซึ่ง source code ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 14 แสดงตัวอย่างตารางค่าอุณหภูมิที่ได้จากการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

| เวลามาตรฐาน GMT | เวลาในประเทศไทย | ชื่อไฟล์ภาพถ่ายดาวเทียม | 58022 | 58112 | 58210 | 58232 | 58332 | 58341 |
|--------------------|--------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1/06/2543 0:00 น. | 1/06/2543 7:00 น. | 0 GMS500060100IR1.pgm | 248.358 | 248.358 | 248.358 | 258.529 | 253.273 | 251.206 |
| 1/06/2543 1:00 น. | 1/06/2543 8:00 น. | 1 GMS500060101IR1.pgm | 274.825 | 274.825 | 274.825 | 264.782 | 275.875 | 267.686 |
| 1/06/2543 2:00 น. | 1/06/2543 9:00 น. | 2 GMS500060102IR1.pgm | 270.378 | 270.378 | 270.930 | 287.545 | 291.194 | 286.612 |
| 1/06/2543 3:00 น. | 1/06/2543 10:00 น. | 3 GMS500060103IR1.pgm | 265.244 | 265.244 | 268.127 | 269.813 | 269.255 | 283.753 |
| 1/06/2543 4:00 น. | 1/06/2543 11:00 น. | 4 GMS500060104IR1.pgm | 278.301 | 278.301 | 278.301 | 266.972 | 264.645 | 261.025 |
| 1/06/2543 5:00 น. | 1/06/2543 12:00 น. | 5 GMS500060105IR1.pgm | 304.669 | 304.669 | 304.269 | 300.612 | 300.612 | 289.349 |
| 1/06/2543 6:00 น. | 1/06/2543 13:00 น. | 6 GMS500060106IR1.pgm | 286.072 | 286.072 | 289.766 | 283.212 | 295.945 | 275.684 |
| 1/06/2543 7:00 น. | 1/06/2543 14:00 น. | 7 GMS500060107IR1.pgm | 295.933 | 295.933 | 295.933 | 276.711 | 282.717 | 277.226 |
| 1/06/2543 8:00 น. | 1/06/2543 15:00 น. | 8 GMS500060108IR1.pgm | 283.198 | 283.198 | 286.526 | 271.945 | 282.227 | 280.752 |
| 1/06/2543 9:00 น. | 1/06/2543 16:00 น. | 9 GMS500060109IR1.pgm | 269.743 | 269.743 | 267.489 | 262.801 | 251.845 | 254.562 |
| 1/06/2543 10:00 น. | 1/06/2543 17:00 น. | 10 GMS500060110IR1.pgm | 265.810 | 265.810 | 265.810 | 264.639 | 254.607 | 263.450 |
| 1/06/2543 11:00 น. | 1/06/2543 18:00 น. | 11 GMS500060111IR1.pgm | 273.683 | 273.683 | 268.179 | 273.147 | 270.421 | 269.866 |
| 1/06/2543 12:00 น. | 1/06/2543 19:00 น. | 12 GMS500060112IR1.pgm | 261.657 | 261.657 | 259.801 | 265.835 | 264.071 | 263.475 |
| 1/06/2543 13:00 น. | 1/06/2543 20:00 น. | 13 GMS500060113IR1.pgm | 242.354 | 242.354 | 242.354 | 246.946 | 244.688 | 256.657 |
| 1/06/2543 14:00 น. | 1/06/2543 21:00 น. | 14 GMS500060114IR1.pgm | 236.475 | 236.475 | 236.475 | 238.177 | 237.332 | 243.038 |
| 1/06/2543 15:00 น. | 1/06/2543 22:00 น. | 15 GMS500060115IR1.pgm | 235.633 | 235.633 | 233.859 | 236.502 | 233.859 | 238.205 |
| 1/06/2543 16:00 น. | 1/06/2543 23:00 น. | 16 GMS500060116IR1.pgm | 230.150 | 230.150 | 234.749 | 231.098 | 236.498 | 236.498 |
| 1/06/2543 17:00 น. | 2/06/2543 0:00 น. | 17 GMS500060117IR1.pgm | 229.207 | 229.207 | 231.117 | 232.051 | 236.518 | 240.696 |
| 1/06/2543 18:00 น. | 2/06/2543 1:00 น. | 18 GMS500060118IR1.pgm | 224.156 | 224.156 | 224.156 | 239.070 | 235.663 | 233.890 |
| 1/06/2543 19:00 น. | 2/06/2543 2:00 น. | 19 GMS500060119IR1.pgm | 233.896 | 233.896 | 232.071 | 238.240 | 242.315 | 245.409 |
| 1/06/2543 20:00 น. | 2/06/2543 3:00 น. | 20 GMS500060120IR1.pgm | 237.397 | 237.397 | 242.319 | 236.540 | 248.376 | 255.304 |
| 1/06/2543 21:00 น. | 2/06/2543 4:00 น. | 21 GMS500060121IR1.pgm | 241.517 | 241.517 | 238.237 | 239.072 | 251.914 | 250.517 |
| 1/06/2543 22:00 น. | 2/06/2543 5:00 น. | 22 GMS500060122IR1.pgm | 228.233 | 228.233 | 230.175 | 235.655 | 234.774 | 239.887 |
| 1/06/2543 23:00 น. | 2/06/2543 6:00 น. | 23 GMS500060123IR1.pgm | 223.087 | 223.087 | 223.087 | 229.223 | 225.206 | 229.223 |

5. การวิเคราะห์เปรียบเทียบ และการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล

5.1 การหาค่าของช่วงเวลาอุณหภูมิเมมเบรน (CCD) ที่จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆ

การหาค่าช่วงอุณหภูมิเมมเบรนที่จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆ สามารถทำได้โดยการสร้างตารางค่าช่วงอุณหภูมิเมมเบรนของแต่ละวัน ณ จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งในที่นี้ได้ทำการตรวจสอบในช่วงจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ระหว่าง 220 – 250 เคลวิน ซึ่งก็ได้พัฒนาโปรแกรมขึ้นมาสนับสนุนในกระบวนการนี้ดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งขั้นตอนปฏิบัติของโปรแกรมนั้นจะเริ่มด้วย

การอ่านค่าอุณหภูมิของแต่ละชั่วโมงในแต่ละวัน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่ใช้ตรวจสอบ ถ้าตรงตามเงื่อนไขที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นก็จะทำการหาผลรวมของช่วงเวลาเมมเมี้ยนในแต่ละวัน แล้วนำไปจัดเรียงในตารางค่าช่วงอุณหภูมิเมมเมี้ยน ณ จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งได้แสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรมไว้ในตารางที่ 15 ซึ่งข้อมูลภายในตารางทั้งหมดสามารถดูได้ภายใต้ภายในไฟล์เดียวกับไฟล์ตารางการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ส่วน source code ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 15 แสดงตัวอย่างตารางค่าซึ่งเวลาเมมเบรน (CCD) ที่จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่าง ๆ

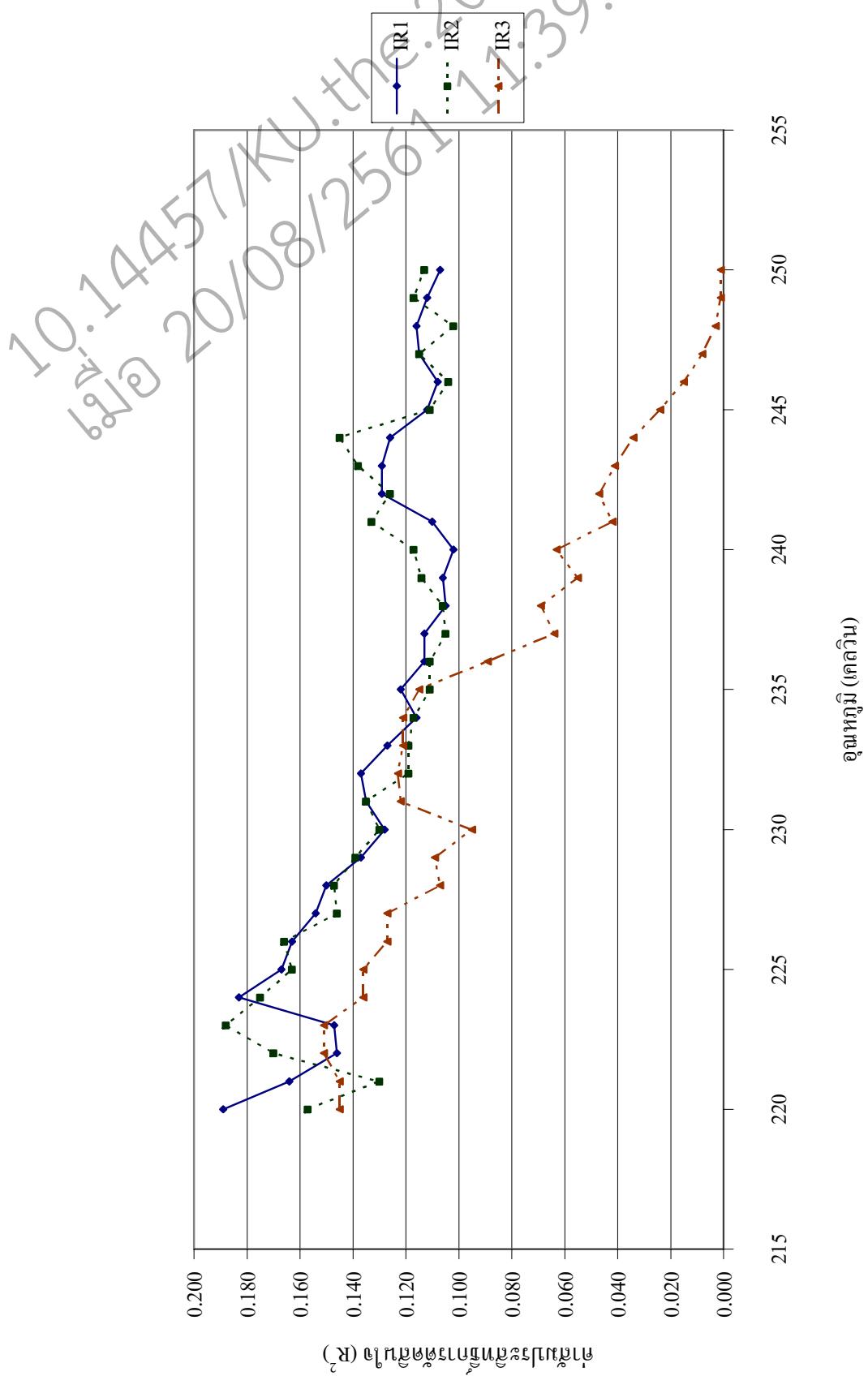
5.2 การหาค่าจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

การหาค่าจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาสามารถทำได้โดยการใช้ตารางค่าช่วงอุณหภูมิเมมมเย็น ณ จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่าง ๆ มาทำการตรวจสอบโดยมีเงื่อนไข $CCD > 0$ และ $Rain \geq 35$ มม. เป็นเกณฑ์พื้นฐานในการตรวจสอบ เหตุที่ใช้ค่าฝนมากกว่า 35 มม. เป็นเงื่อนไขในการตรวจสอบก็เนื่องมาจากปริมาณฝนที่นำมาใช้นี้ถือว่าเป็นฝนหนักซึ่งสามารถถอดทำให้เกิดอุทกภัยได้ โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบคือ นำค่าช่วงอุณหภูมิเมมมเย็นที่ได้จากการประมาณผลที่แต่ละอุณหภูมิ มาเปรียบเทียบกับค่าฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน แล้วทำการคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่ถูกต้องตามเงื่อนไข แล้วนำข้อมูลที่ได้มาประมาณโดยใช้หลักสถิติโดยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ในรูปแบบจำลองการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression Model) เพื่อหาสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) ซึ่งก็คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอุณหภูมิเมมมเย็น (CCD) กับค่าฝน ($Rain$) ที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งก็จะได้ความสัมพันธ์ในแต่ละค่าจุดเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 26

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ที่แต่ละจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตารางที่ 16 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 223 และ 234 เคลวิน มีความสัมพันธ์ของข้อมูลสูงกว่าในช่วงอุณหภูมิอื่นๆ แต่ยังไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าอุณหภูมิเป็นอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม ซึ่งยากต่อการตัดสินใจ เลือกค่าอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม

ตารางที่ 16 การหาจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่คุณน้ำคลองอุ่ตະເກາ

| อุณหภูมิ | ช่องสัญญาณอินฟราเรด | | | | | | | | |
|----------|---------------------|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------|
| | IR1 | | | IR2 | | | IR3 | | |
| | N | R ² | Sig. | N | R ² | Sig. | N | R ² | Sig. |
| 220 | 63 | 0.189 | 0.000 | 65 | 0.157 | 0.001 | 68 | 0.145 | 0.001 |
| 221 | 64 | 0.164 | 0.001 | 65 | 0.130 | 0.003 | 68 | 0.145 | 0.001 |
| 222 | 65 | 0.146 | 0.002 | 69 | 0.170 | 0.000 | 74 | 0.151 | 0.001 |
| 223 | 68 | 0.147 | 0.001 | 72 | 0.188 | 0.000 | 74 | 0.151 | 0.001 |
| 224 | 72 | 0.183 | 0.000 | 74 | 0.175 | 0.000 | 87 | 0.136 | 0.000 |
| 225 | 72 | 0.167 | 0.000 | 78 | 0.163 | 0.000 | 87 | 0.136 | 0.000 |
| 226 | 75 | 0.163 | 0.000 | 80 | 0.166 | 0.000 | 92 | 0.127 | 0.000 |
| 227 | 78 | 0.154 | 0.000 | 83 | 0.146 | 0.000 | 92 | 0.127 | 0.000 |
| 228 | 82 | 0.150 | 0.000 | 84 | 0.147 | 0.000 | 95 | 0.107 | 0.001 |
| 229 | 82 | 0.137 | 0.001 | 85 | 0.139 | 0.000 | 96 | 0.109 | 0.001 |
| 230 | 83 | 0.128 | 0.001 | 85 | 0.130 | 0.001 | 101 | 0.095 | 0.002 |
| 231 | 85 | 0.135 | 0.001 | 88 | 0.135 | 0.000 | 107 | 0.122 | 0.000 |
| 232 | 87 | 0.137 | 0.000 | 90 | 0.119 | 0.001 | 108 | 0.123 | 0.000 |
| 233 | 88 | 0.127 | 0.001 | 91 | 0.119 | 0.001 | 113 | 0.121 | 0.000 |
| 234 | 89 | 0.116 | 0.001 | 92 | 0.117 | 0.001 | 115 | 0.121 | 0.000 |
| 235 | 90 | 0.122 | 0.001 | 94 | 0.111 | 0.001 | 115 | 0.115 | 0.000 |
| 236 | 91 | 0.113 | 0.001 | 94 | 0.111 | 0.001 | 118 | 0.089 | 0.001 |
| 237 | 94 | 0.113 | 0.001 | 98 | 0.105 | 0.001 | 120 | 0.064 | 0.005 |
| 238 | 96 | 0.105 | 0.001 | 100 | 0.106 | 0.001 | 123 | 0.069 | 0.003 |
| 239 | 97 | 0.106 | 0.001 | 103 | 0.114 | 0.000 | 126 | 0.055 | 0.008 |
| 240 | 97 | 0.102 | 0.001 | 104 | 0.117 | 0.000 | 127 | 0.063 | 0.005 |
| 241 | 101 | 0.110 | 0.001 | 106 | 0.133 | 0.000 | 130 | 0.042 | 0.019 |
| 242 | 103 | 0.129 | 0.000 | 106 | 0.126 | 0.000 | 131 | 0.047 | 0.013 |
| 243 | 105 | 0.129 | 0.000 | 106 | 0.138 | 0.000 | 131 | 0.041 | 0.020 |
| 244 | 106 | 0.126 | 0.000 | 106 | 0.145 | 0.000 | 131 | 0.034 | 0.036 |
| 245 | 108 | 0.112 | 0.000 | 109 | 0.111 | 0.000 | 131 | 0.024 | 0.075 |
| 246 | 108 | 0.108 | 0.001 | 112 | 0.104 | 0.001 | 131 | 0.015 | 0.165 |
| 247 | 109 | 0.115 | 0.000 | 114 | 0.115 | 0.000 | 131 | 0.008 | 0.321 |
| 248 | 110 | 0.116 | 0.000 | 115 | 0.102 | 0.001 | 131 | 0.003 | 0.541 |
| 249 | 114 | 0.112 | 0.000 | 117 | 0.117 | 0.000 | 131 | 0.001 | 0.729 |
| 250 | 114 | 0.107 | 0.000 | 118 | 0.113 | 0.000 | 131 | 0.001 | 0.764 |



ภาพที่ 26 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การเพี้ยนแปลง (R^2) ของการทดสอบหาจุดตัดแบบอุณหภูมิที่เหมาะสมแต่ละอุณหภูมิ

ดังนั้นจึงได้ทำการนำข้อมูลที่ประมาณได้จากสมการความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายของแต่ละอุณหภูมิมาเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนที่เกิดขึ้นจริง เพื่อตรวจสอบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation of Residuals, S_y) เพิ่มเติมเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกค่าอุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ความคลาดเคลื่อนที่ต่ำสุดในการประมาณปริมาณฝน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในตารางที่ 17 โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta y_i)^2}{N}} \quad (6)$$

เมื่อ $(\Delta y_i)^2 = (y_i - \bar{y})^2$

S_y = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation of Residuals)

y_i = ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล (Observed Value)

\bar{y} = ข้อมูลที่ได้จากการใช้สมการคำนวณ

N = จำนวนข้อมูลในชุดข้อมูลที่นำมาใช้ตรวจสอบ

ตารางที่ 17 แสดงการตรวจสอบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน

เงื่อนไข: CCD > 0 และ Rain >= 35

| ช่องสัญญาณอินฟราเรด | ตัวแปร | อุณหภูมิ (เคลวิน) | |
|---------------------|----------------|-------------------|---------------|
| | | 223 | 224 |
| IR1 | N | 68 | 72 |
| | R ² | 0.147 | 0.183 |
| | Sig. | 0.001 | 0.000 |
| | S_y (mm.) | 82.150 | 81.410 |
| IR2 | N | 72 | 74 |
| | R ² | 0.188 | 0.175 |
| | Sig. | 0.000 | 0.000 |
| | S_y (mm.) | 81.530 | 80.83 |
| IR3 | N | 74 | 87 |
| | R ² | 0.151 | 0.136 |
| | Sig. | 0.001 | 0.000 |
| | S_y (mm.) | 81.240 | 73.960 |

สำหรับการตรวจสอบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation of Residuals, S_y) เป็นการตรวจสอบว่าค่าการประมาณฝนที่ได้มาจากการคำนวณโดยสมการนั้นเบี่ยงเบนไปจากค่าฝนที่เกิดขึ้นจริงมากน้อยเพียงใด นั่นก็หมายความว่าถ้าค่า S_y ที่ได้จากการตรวจสอบมีค่าน้อยหมายถึงสมการที่ใช้ในการคำนวณนั้นมีการทำการแทนค่าແล้าว่าได้ค่าไอกลีบิ่ง กับค่าของข้อมูลที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ ดังนั้นจากตารางที่ 17 จะเห็นได้ว่า ณ อุณหภูมิ 224 เคลวิน เป็นจุดที่เกิดค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 223 เคลวิน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum threshold temperature) ที่ทำได้คือ ณ อุณหภูมิ 224 เคลวิน หรือเท่ากับอุณหภูมิ -49 องศาเซลเซียส

5.3 การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของแต่ละเงื่อนไขของปริมาณฝนที่กำหนด

ณ จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม 224 เคลวิน จะใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) โดยใช้เงื่อนไขของปริมาณฝนที่กำหนดต่าง ๆ กัน เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละเงื่อนไขของปริมาณฝน ดังจะได้แสดงในตารางที่ 18 ซึ่งพบว่าในแต่ละเงื่อนไข ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าน้อยอยู่ช่วงประมาณ 0-0.18 และคงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ทำการตรวจสอบยังไม่ได้เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการประมาณปริมาณฝน ดังนั้นจึงต้องทำการคัดเลือกข้อมูลบางส่วนที่จะจัดกรวยออกจากกลุ่มข้อมูลออกไป เพื่อให้ได้มาซึ่งความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ค่อนข้างยืนยัน เพื่อที่จะสามารถนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปสร้างสมการที่ใช้ในการประมาณปริมาณฝนได้ถูกต้องมากขึ้นต่อไป

สำหรับแต่ละเงื่อนไขที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น สาเหตุของการแบ่งช่วงของปริมาณฝนสามารถอธิบายได้ดังนี้ เงื่อนไข $0 < \text{Rain} < 20$, $20 < \text{Rain} < 35$; ใช้สำหรับหาความสัมพันธ์ของฝนที่ปริมาณน้อย หรือศึกษาเกี่ยวกับภัยแล้ง (drought) ซึ่งยังได้ความสัมพันธ์ที่ยังไม่ได้เท่าที่ควร สอดคล้องกับการศึกษาในอดีต, เงื่อนไข $\text{Rain} \geq 35$, $\text{Rain} \geq 40$; ใช้ศึกษาฝนตกหนักที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมขึ้นได้, เงื่อนไข $\text{Rain} \geq 50$ ถึง $\text{Rain} \geq 70$; ใช้ศึกษาในส่วนของฝนตกหนัก และการเกิดธรณีพิบัติ ส่วนช่วงระหว่างปริมาณฝนที่ใช้ทดสอบต่าง ๆ นั้น เช่น ช่วง $40 < \text{Rain} < 50$ นั้น ไม่ได้นำมาสร้างเงื่อนไขในการศึกษา เพราะ เงื่อนไขลักษณะดังกล่าวไม่ได้ใช้สนับสนุนวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาได้

ตารางที่ 18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ณ จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม 224 เคลวิน ภายใต้เงื่อนไขปริมาณฝนต่าง ๆ กัน

| เงื่อนไข ของตัวแปรตาม | | | | |
|--------------------------|-----------|-----|-------|-------|
| | อินฟราเรด | N | R^2 | Sig. |
| 0<Rain<20 | IR1 | 252 | 0.013 | 0.069 |
| | IR2 | 277 | 0.006 | 0.198 |
| | IR3 | 378 | 0.008 | 0.092 |
| 20<=Rain<35 | IR1 | 59 | 0.037 | 0.142 |
| | IR2 | 61 | 0.027 | 0.206 |
| | IR3 | 77 | 0.000 | 0.973 |
| Rain>=35 | IR1 | 72 | 0.183 | 0.282 |
| | IR2 | 74 | 0.175 | 0.000 |
| | IR3 | 87 | 0.136 | 0.000 |
| Rain>=40 | IR1 | 60 | 0.174 | 0.001 |
| | IR2 | 61 | 0.162 | 0.001 |
| | IR3 | 74 | 0.150 | 0.001 |
| Rain>=50 | IR1 | 48 | 0.128 | 0.012 |
| | IR2 | 49 | 0.130 | 0.011 |
| | IR3 | 56 | 0.114 | 0.011 |
| Rain>=60 | IR1 | 37 | 0.108 | 0.047 |
| | IR2 | 37 | 0.106 | 0.049 |
| | IR3 | 43 | 0.106 | 0.033 |
| Rain>=70 | IR1 | 30 | 0.055 | 0.214 |
| | IR2 | 30 | 0.055 | 0.055 |
| | IR3 | 33 | 0.063 | 0.160 |

5.4 การปรับแก้ข้อมูลเพื่อทำให้ได้กุ่มข้อมูลตัวแทนของความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด

เนื่องจากกุ่มข้อมูลแต่ละเงื่อนไขที่นำมาใช้ในการตรวจสอบอาจจะมีบางส่วนที่กระ JACK กระจาอยอกไปจากตำแหน่งของกุ่มข้อมูลส่วนใหญ่ทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ไม่ดีเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการประมาณปริมาณฝน ดังนั้นจึงต้องทำการคัดเลือกข้อมูลส่วนที่กระ JACK กระจาอยอกไปจากกุ่มข้อมูลส่วนใหญ่ เพื่อให้เหลือเฉพาะกุ่มข้อมูลที่สามารถใช้เป็นกุ่มข้อมูลตัวแทนที่มีความสัมพันธ์ของข้อมูลในระดับที่สามารถนำไปใช้ในการประมาณปริมาณฝนได้อย่างถูกต้องพอสมควร ซึ่งมีขั้นตอนในการคัดเลือกข้อมูลดังต่อไปนี้

5.4.1 คำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลฝนจริงกับข้อมูลฝนที่ได้จากการสมการความสัมพันธ์ เมื่อได้กุ่มข้อมูลที่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้ว ข้อมูลบางส่วนยังคงกระ JACK กระจาอยอกจากกุ่มข้อมูลส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องคัดเลือกข้อมูลให้เหลือเพียงกุ่มข้อมูลที่สามารถนำมาใช้เป็นกุ่มข้อมูลตัวแทนได้ ขั้นตอนแรกของการคัดเลือกข้อมูลก็คือ ต้องหาค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลฝนจริงกับข้อมูลการประมาณฝนที่ได้จากการสมการ จากนั้นนำค่าความแตกต่างข้อมูลมาจัดเรียง และทำการคัดเลือกข้อมูลที่มีค่าความแตกต่างมากกว่าข้อมูลส่วนใหญ่ออกไป ในที่นี้จะยกตัวอย่างกรณีที่ $\text{Rain} \geq 70$ และ $\text{CCD_IR1} > 0$ มีค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลฝนจริงกับข้อมูลฝนที่ได้จากการ ($\text{Rain}_{\text{diff}}$) แสดงไว้ในตารางที่ 19

5.4.2 จัดเรียงข้อมูลค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลฝนจริงกับข้อมูลฝนที่ได้จากการ ($\text{Rain}_{\text{diff}}$) จากมากไปหาน้อยดังแสดงไว้ในตารางที่ 19

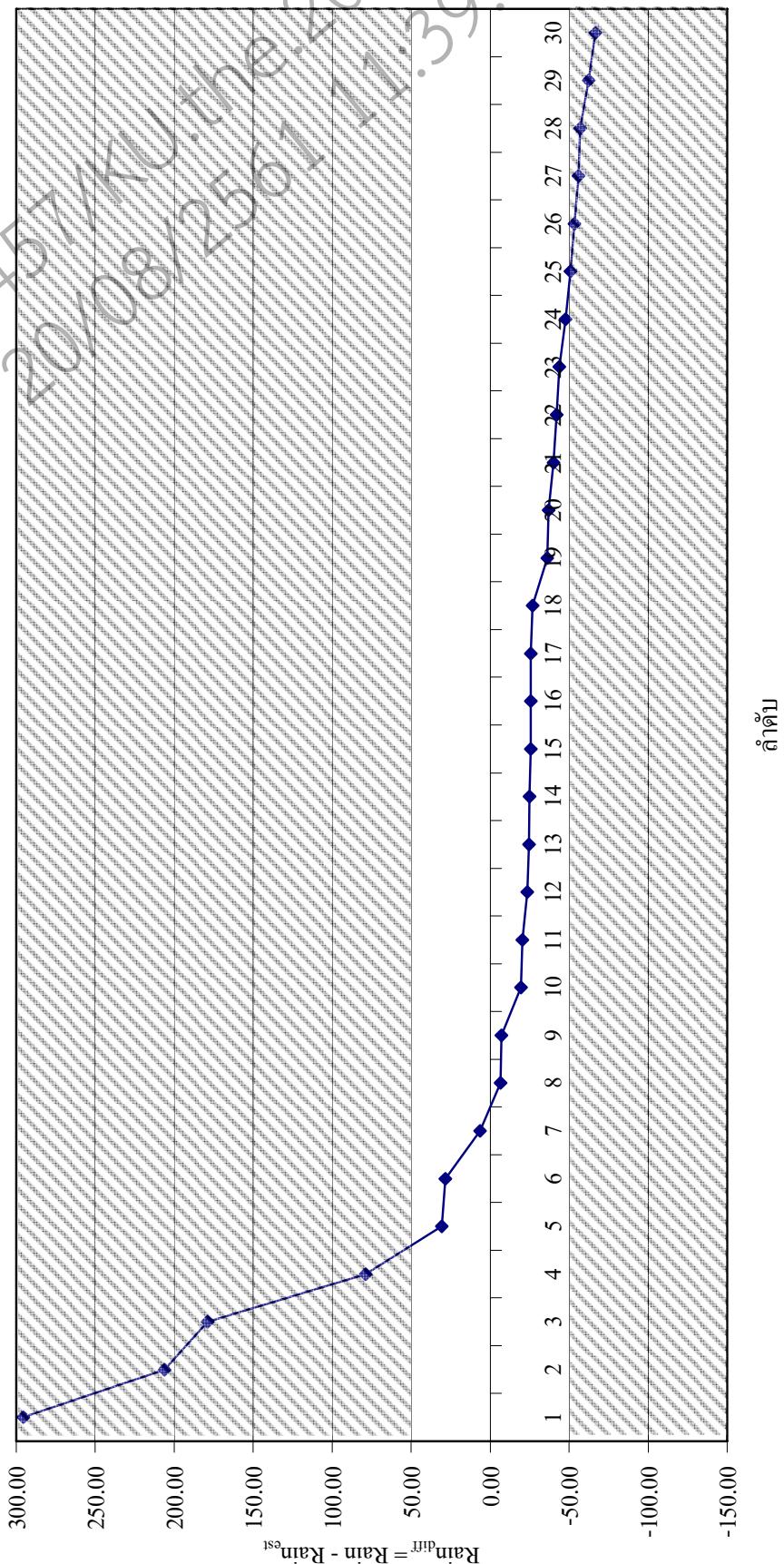
5.4.3 คัดเลือกข้อมูลส่วนที่กระ JACK กระจาอยอกจากกุ่มข้อมูลส่วนใหญ่ ในที่นี้เลือกใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลจากค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลฝนจริงกับข้อมูลฝนที่ได้จากการ ($\text{Rain}_{\text{diff}}$) มากกว่า 50 และ น้อยกว่า -50 จะทำการคัดเลือกออกไปคงเหลือไว้เฉพาะข้อมูลในช่วง $-50 < \text{Rain}_{\text{diff}} < 50$ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 19 และภาพที่ 27 ส่วนของข้อมูลที่ถูกคัดเลือกออกไปก็คือส่วนที่อยู่ด้านบน และด้านล่างของเส้นประ ส่วนข้อมูลที่อยู่ระหว่างเส้นประนั้นใช้ในการตรวจสอบค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลต่อไป

5.4.4 การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในแต่ละกรณีอีกครั้ง พบว่ามีค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลดีที่สุดเป็นอย่างมาก ดังแสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ก่อนการคัดเลือกข้อมูล และภายหลังการคัดเลือกข้อมูลไว้ใน ตารางที่ 20

ตารางที่ 19 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างค่าฝนจริงกับค่าการประมาณฝนจากสมการ

$$\text{Rain}_{\text{est}} = 97.337 + 3.722 \text{CCD_IR1}$$

| ลำดับ | CCD_IR1 | Rain | Rain_{est} | $\text{Rain}_{\text{diff}} = \text{Rain} - \text{Rain}_{\text{est}}$ |
|-------|---------|--------|----------------------------|--|
| 1 | 14 | 440.00 | 144.45 | 295.56 |
| 2 | 13 | 346.80 | 140.72 | 206.08 |
| 3 | 12 | 315.70 | 137.00 | 178.70 |
| 4 | 13 | 219.40 | 140.72 | 78.68 |
| 5 | 17 | 186.20 | 155.61 | 30.59 |
| 6 | 10 | 158.00 | 129.56 | 28.44 |
| 7 | 4 | 113.50 | 107.23 | 6.28 |
| 8 | 12 | 130.50 | 137.00 | -6.50 |
| 9 | 3 | 96.30 | 103.50 | -7.20 |
| 10 | 21 | 151.00 | 170.50 | -19.50 |
| 11 | 20 | 146.30 | 166.78 | -20.48 |
| 12 | 21 | 147.10 | 170.50 | -23.40 |
| 13 | 18 | 134.70 | 159.33 | -24.63 |
| 14 | 6 | 89.70 | 114.67 | -24.97 |
| 15 | 12 | 111.30 | 137.00 | -25.70 |
| 16 | 13 | 115.00 | 140.72 | -25.72 |
| 17 | 4 | 81.50 | 107.23 | -25.73 |
| 18 | 4 | 80.30 | 107.23 | -26.93 |
| 19 | 11 | 97.10 | 133.28 | -36.18 |
| 20 | 11 | 96.30 | 133.28 | -36.98 |
| 21 | 10 | 89.40 | 129.56 | -40.16 |
| 22 | 17 | 113.50 | 155.61 | -42.11 |
| 23 | 6 | 70.80 | 114.67 | -43.87 |
| 24 | 21 | 122.70 | 170.50 | -47.80 |
| 25 | 9 | 74.90 | 125.84 | -50.94 |
| 26 | 20 | 113.50 | 166.78 | -53.28 |
| 27 | 13 | 84.70 | 140.72 | -56.02 |
| 28 | 18 | 102.20 | 159.33 | -57.13 |
| 29 | 11 | 70.80 | 133.28 | -62.48 |
| 30 | 12 | 70.50 | 137.00 | -66.50 |

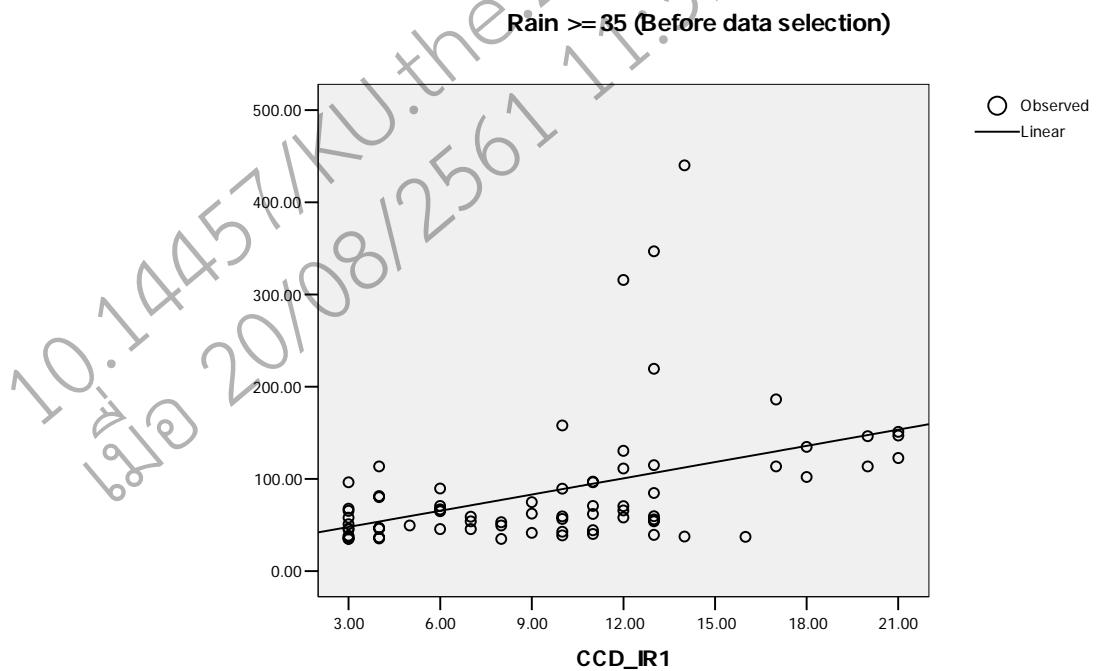


ตารางที่ 20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ก่อนและหลังการคัดเลือกข้อมูล

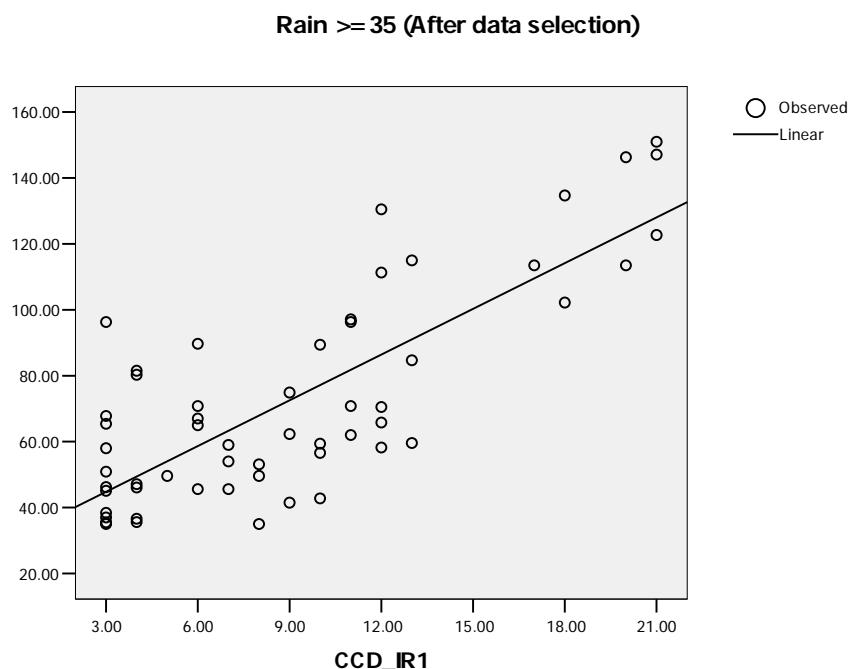
| เงื่อนไข | ช่องสัญญาณ อินฟราเรด | ค่าความสัมพันธ์ก่อนการคัดเลือกข้อมูล | | | | | | ค่าความสัมพันธ์หลังการคัดเลือกข้อมูล | | | | | |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------------------------------------|--------------|--------|--------|-------|---|
| | | N | R^2 | Sig. | b_0 | b_1 | N | R^2 | Sig. | b_0 | b_1 | | |
| 0 < Rain < 20 | IR1 | 252 | 0.013 | 0.069 | 4.692 | 0.189 | - | - | - | - | - | - | - |
| | IR2 | 277 | 0.006 | 0.198 | 5.231 | 0.114 | - | - | - | - | - | - | - |
| | IR3 | 378 | 0.008 | 0.092 | 5.225 | 0.1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 20 <= Rain < 35 | IR1 | 59 | 0.037 | 0.142 | 27.814 | -0.239 | - | - | - | - | - | - |
| | | IR2 | 61 | 0.027 | 0.206 | 27.516 | -0.192 | - | - | - | - | - | - |
| | | IR3 | 77 | 0 | 0.973 | 25.893 | 0.004 | - | - | - | - | - | - |
| | Rain >= 35 | IR1 | 72 | 0.183 | 0.000 | 30.319 | 5.864 | 57 | 0.620 | 0.000 | 30.880 | 4.628 | |
| | | IR2 | 74 | 0.175 | 0.000 | 29.003 | 5.630 | 60 | 0.641 | 0.000 | 23.960 | 5.042 | |
| | | IR3 | 87 | 0.136 | 0.000 | 36.029 | 4.227 | 72 | 0.530 | 0.000 | 33.360 | 3.756 | |
| Rain >= 40 | IR1 | 60 | 0.174 | 0.001 | 35.455 | 6.041 | 47 | 0.609 | 0.000 | 36.951 | 4.368 | | |
| | IR2 | 61 | 0.162 | 0.001 | 33.962 | 5.814 | 56 | 0.680 | 0.000 | 27.544 | 5.098 | | |
| | IR3 | 74 | 0.150 | 0.001 | 37.074 | 4.730 | 65 | 0.494 | 0.000 | 35.352 | 3.825 | | |
| Rain >= 50 | IR1 | 48 | 0.128 | 0.012 | 50.728 | 5.351 | 39 | 0.509 | 0.000 | 47.476 | 4.089 | | |
| | IR2 | 49 | 0.130 | 0.011 | 45.666 | 5.480 | 39 | 0.545 | 0.000 | 43.208 | 4.292 | | |
| | IR3 | 56 | 0.114 | 0.011 | 47.020 | 4.636 | 46 | 0.498 | 0.000 | 41.976 | 3.813 | | |
| Rain >= 60 | IR1 | 37 | 0.108 | 0.047 | 68.272 | 4.927 | 26 | 0.555 | 0.000 | 62.882 | 3.990 | | |
| | IR2 | 37 | 0.106 | 0.049 | 65.308 | 4.974 | 26 | 0.581 | 0.000 | 58.821 | 4.130 | | |
| | IR3 | 43 | 0.106 | 0.033 | 63.156 | 4.356 | 35 | 0.518 | 0.000 | 53.057 | 3.748 | | |
| Rain >= 70 | IR1 | 30 | 0.055 | 0.214 | 92.337 | 3.722 | 20 | 0.494 | 0.001 | 75.654 | 3.395 | | |
| | IR2 | 30 | 0.055 | 0.214 | 90.669 | 3.727 | 20 | 0.564 | 0.000 | 71.791 | 3.582 | | |
| | IR3 | 33 | 0.063 | 0.160 | 86.545 | 3.466 | 24 | 0.559 | 0.000 | 64.989 | 3.513 | | |

หมายเหตุ รูปแบบมาตรฐานของสมการความสัมพันธ์ของข้อมูล คือ $Rain_{est} = b_0 + b_1 \cdot CCD$

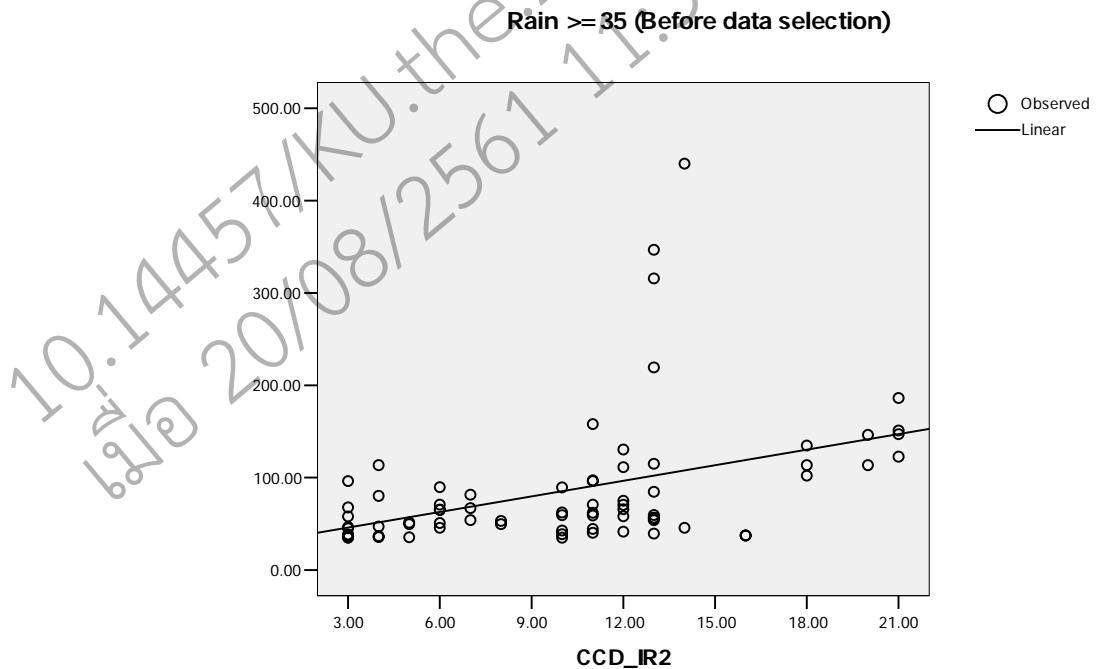
จากตารางที่ 20 พบว่าในกรณีที่ปริมาณฝนมีค่าน้อยกว่า 35 มม. มีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ไม่ดีเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการประมาณปริมาณฝน ดังนั้นจึงเหลือเพียงเงื่อนไขที่ฝนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 35 มม. ที่ความสัมพันธ์ของข้อมูลพอใช้ได้ ภาพที่ 28 ถึง ภาพที่ 57 แสดงการเปรียบเทียบของข้อมูลก่อนการคัดเลือกข้อมูลและภาพหลังการคัดเลือกข้อมูลของแต่ละเงื่อนไข



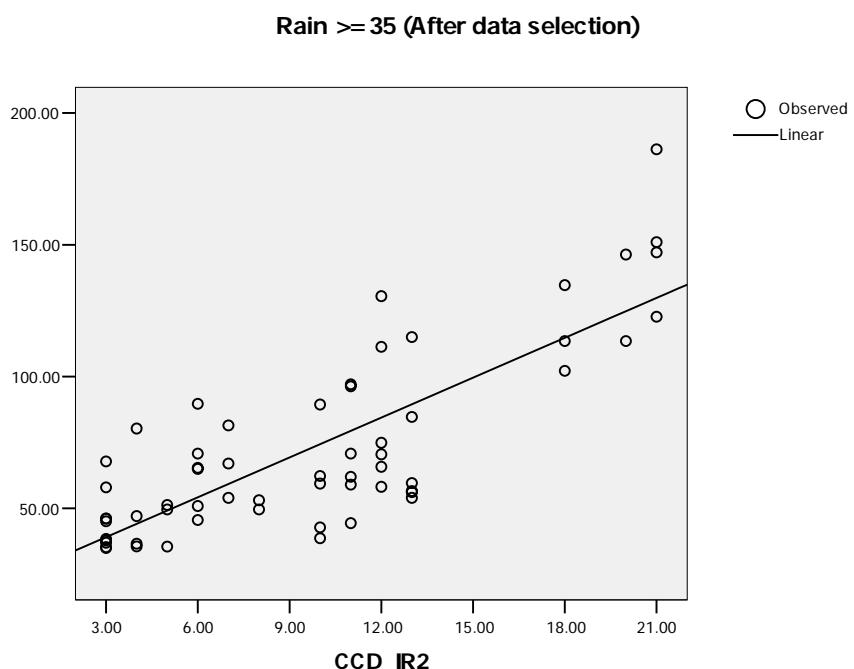
ภาพที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 35 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



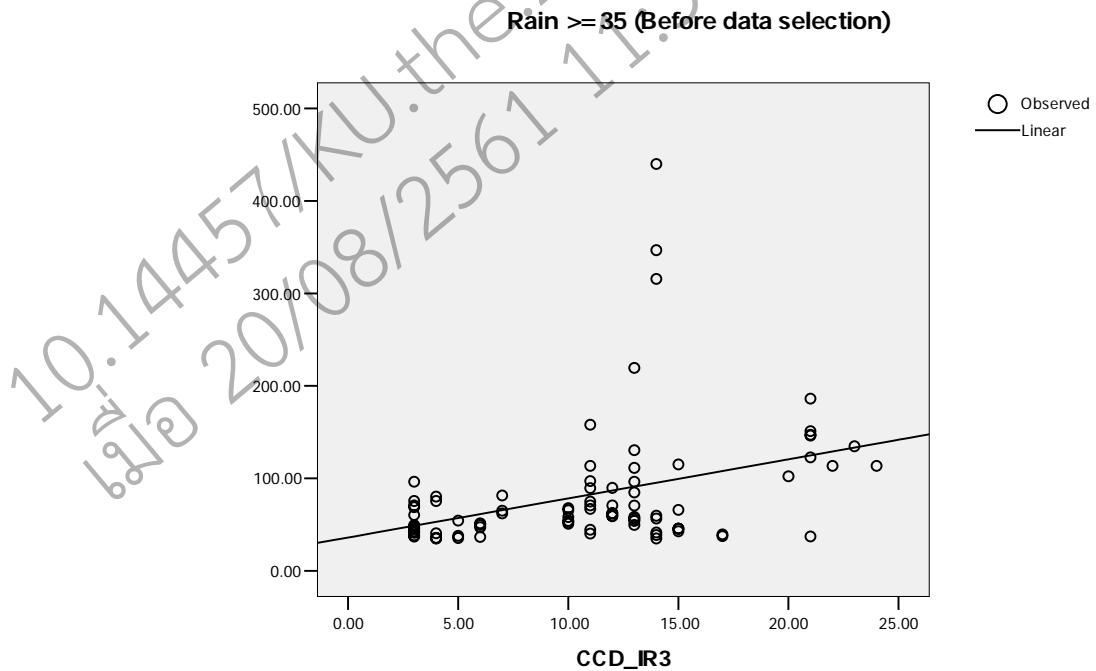
ภาพที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 35 หลังการคัดเลือกข้อมูล



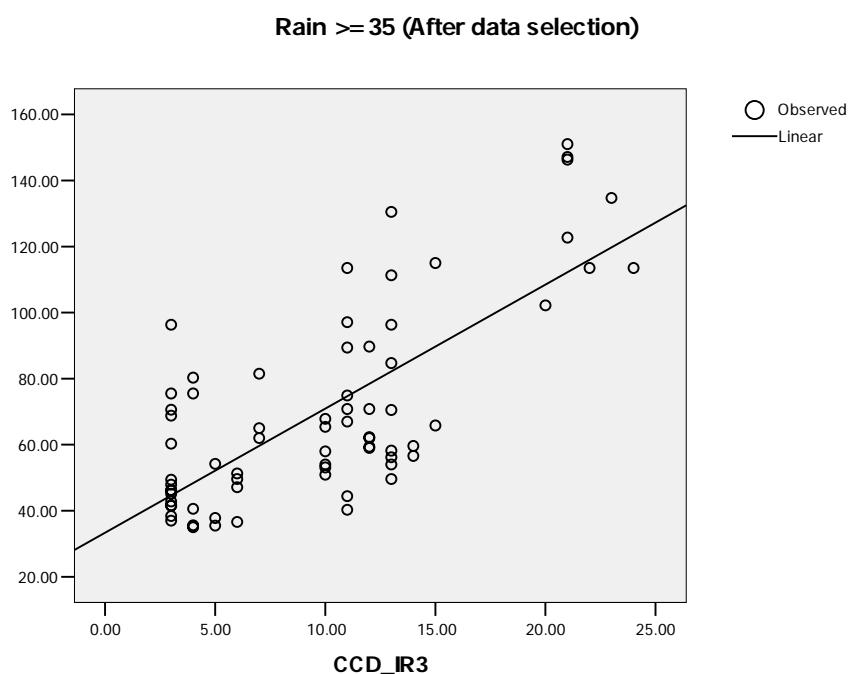
ภาพที่ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 35 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



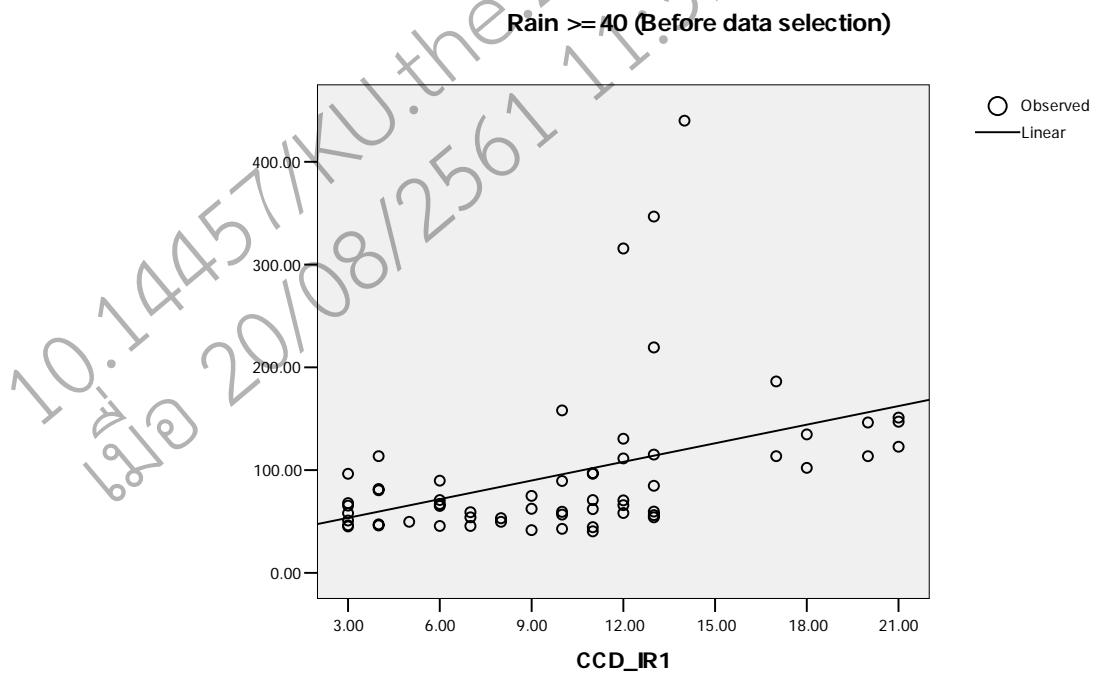
ภาพที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 35 หลังการคัดเลือกข้อมูล



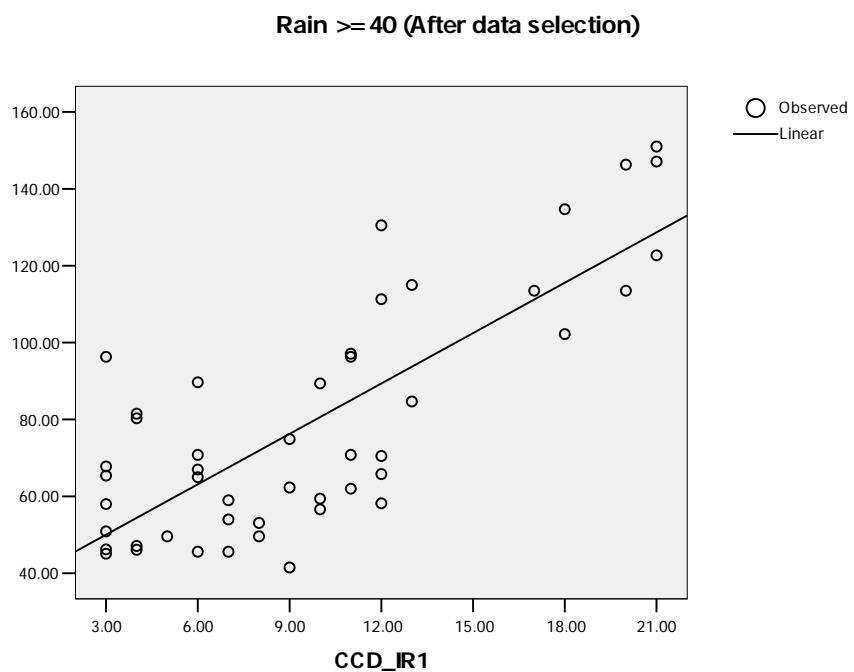
ภาพที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 35 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



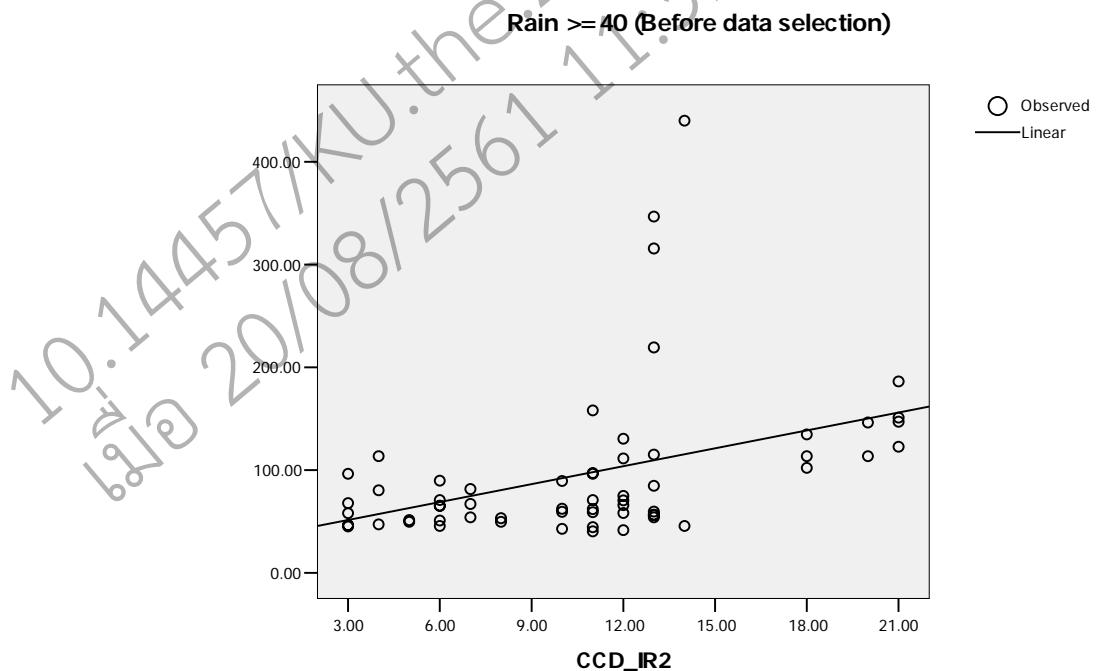
ภาพที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 35 หลังการคัดเลือกข้อมูล



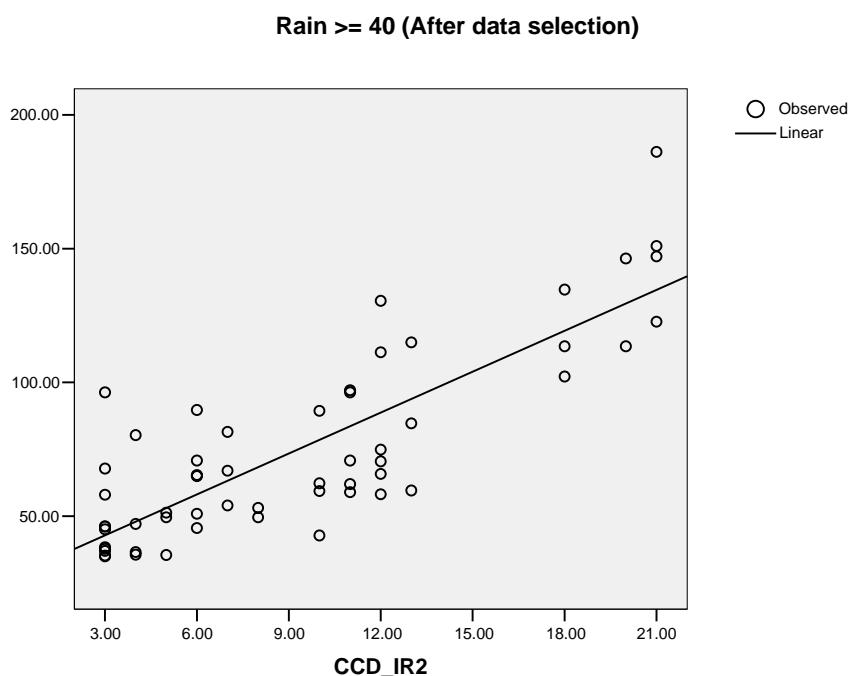
ภาพที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 40 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



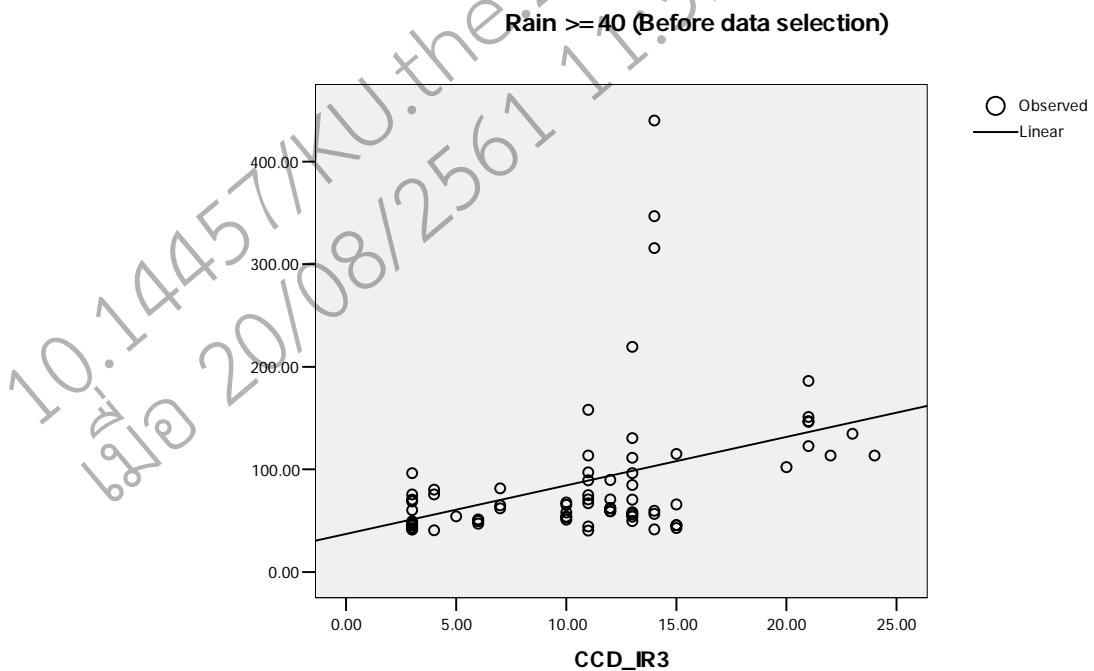
ภาพที่ 35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 40 หลังการคัดเลือกข้อมูล



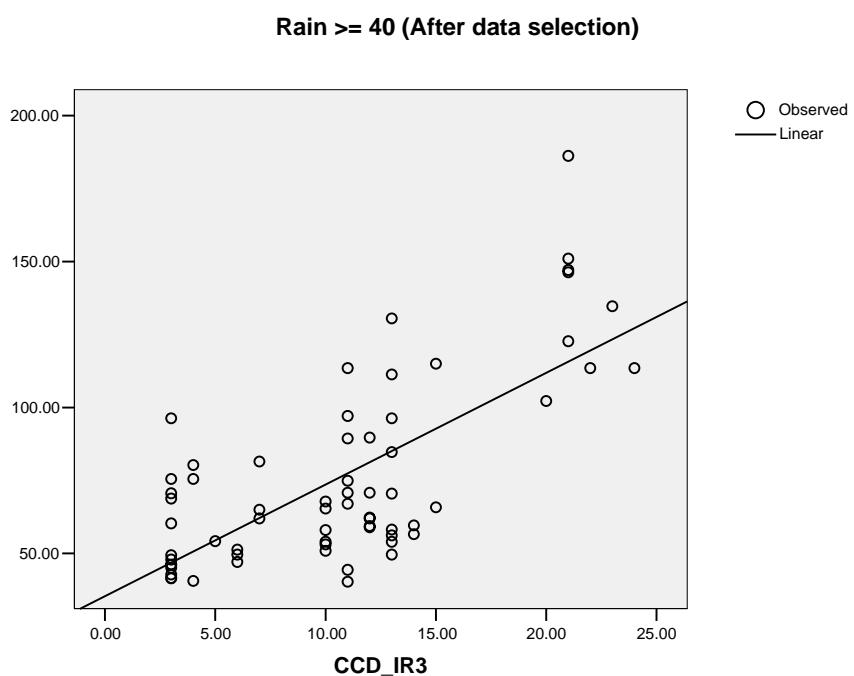
ภาพที่ 36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลา เมมมีเข็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 40 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



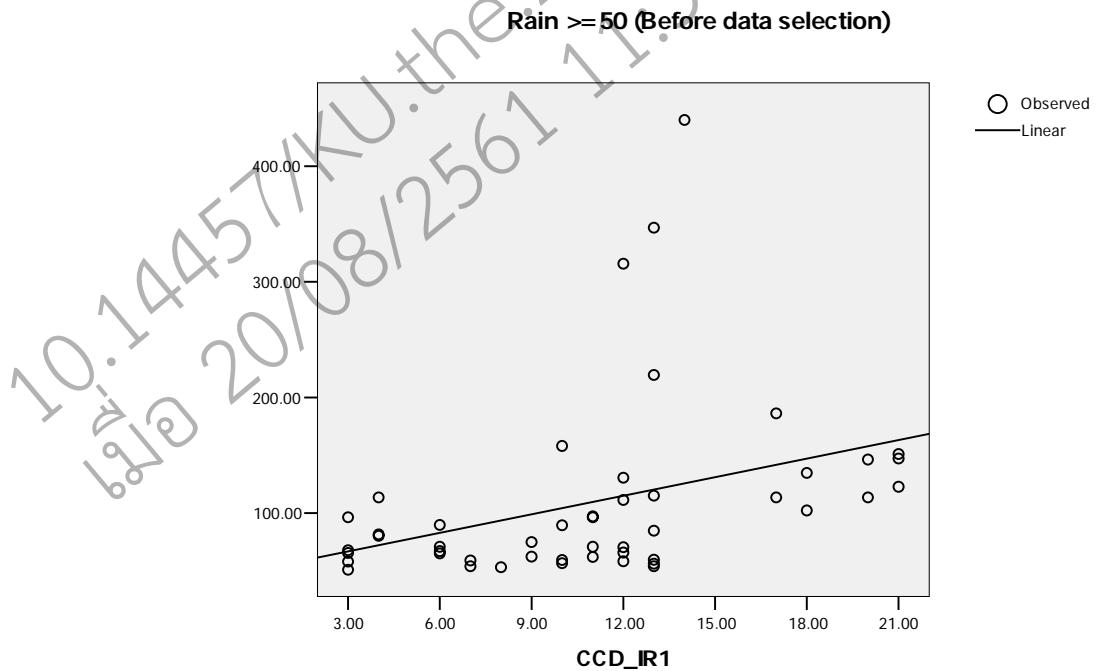
ภาพที่ 37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลา เมมมีเข็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 40 หลังการคัดเลือกข้อมูล



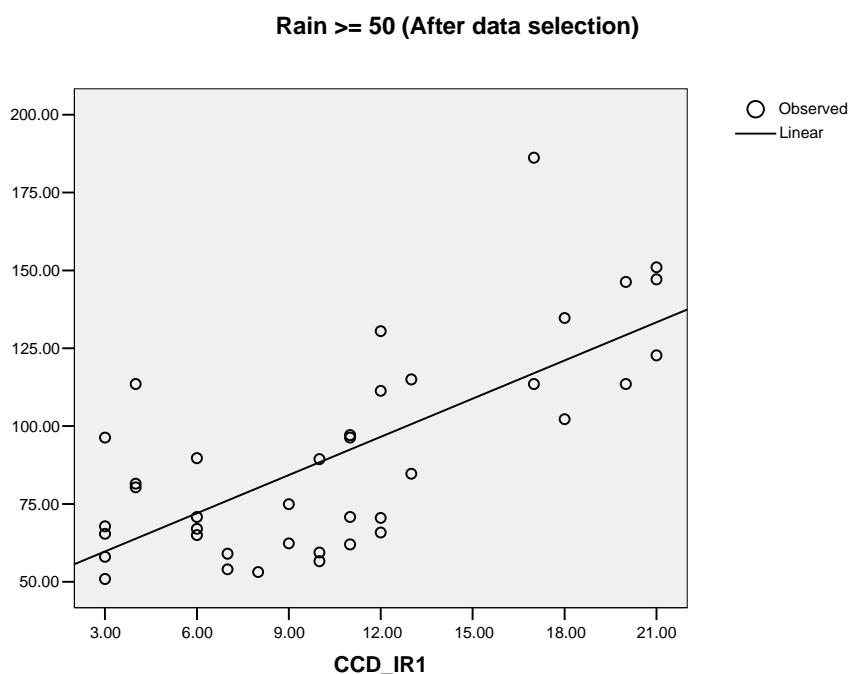
ภาพที่ 38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 40 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



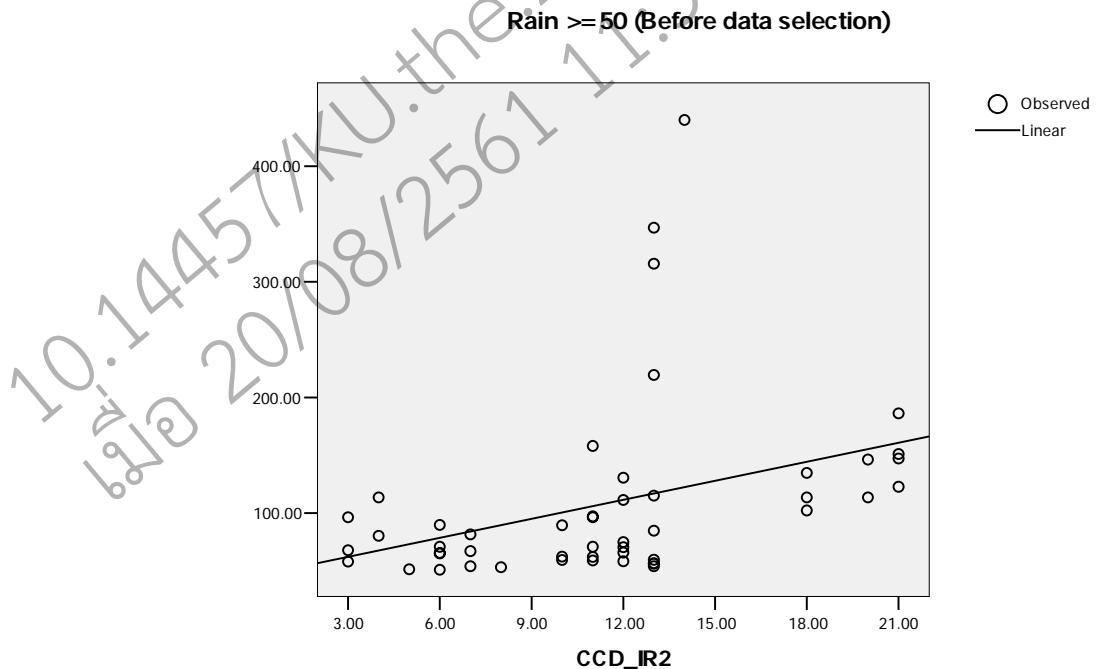
ภาพที่ 39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 40 หลังการคัดเลือกข้อมูล



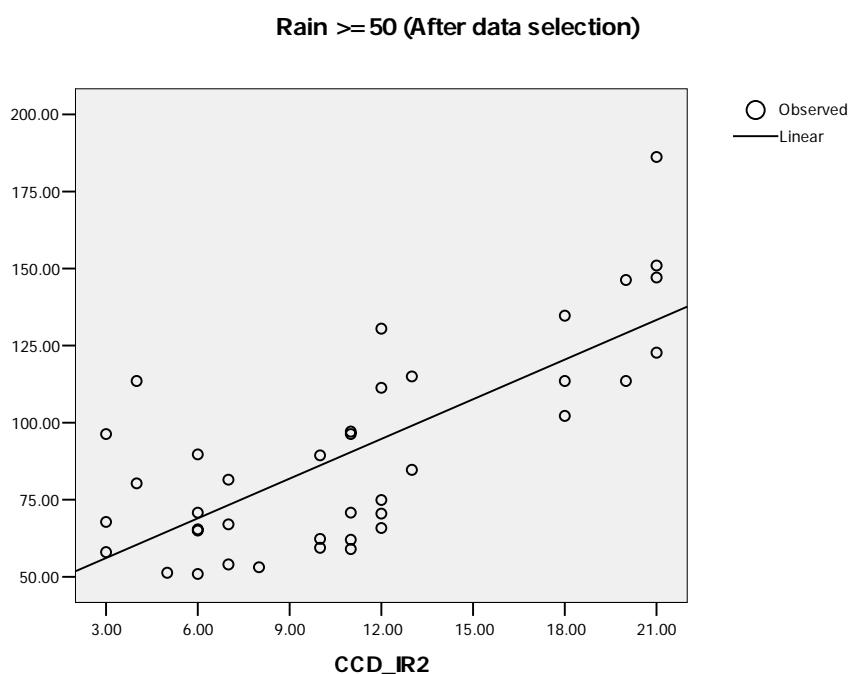
ภาพที่ 40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 50 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



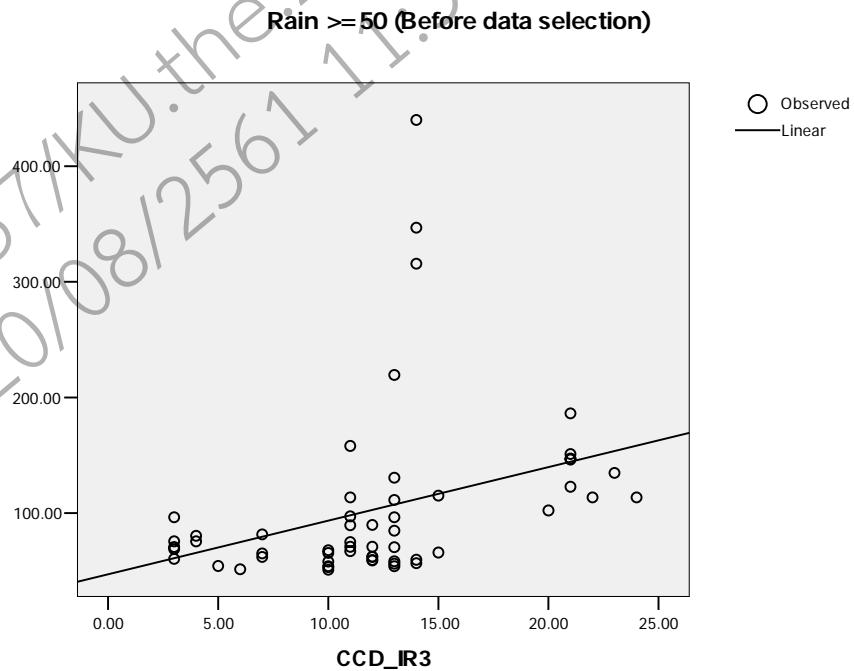
ภาพที่ 41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 50 หลังการคัดเลือกข้อมูล



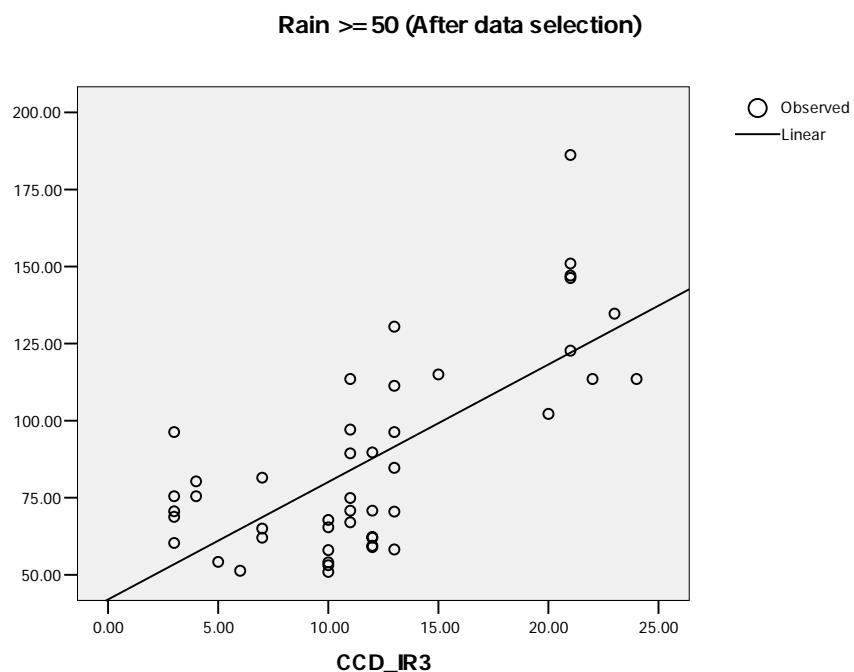
ภาพที่ 42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 50 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



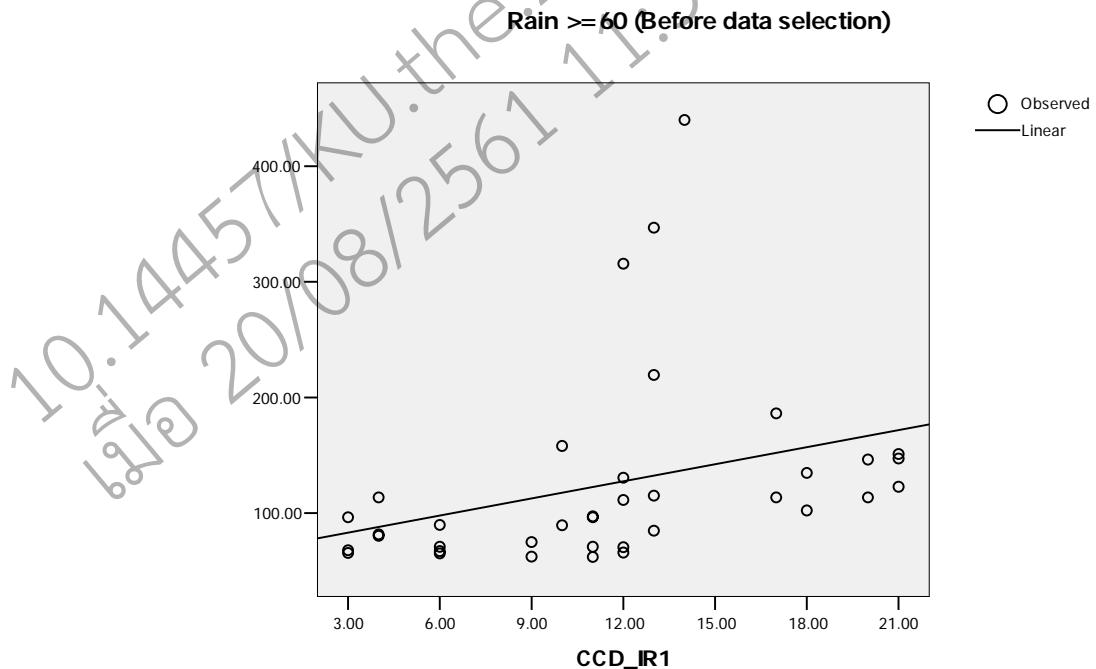
ภาพที่ 43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 50 หลังการคัดเลือกข้อมูล



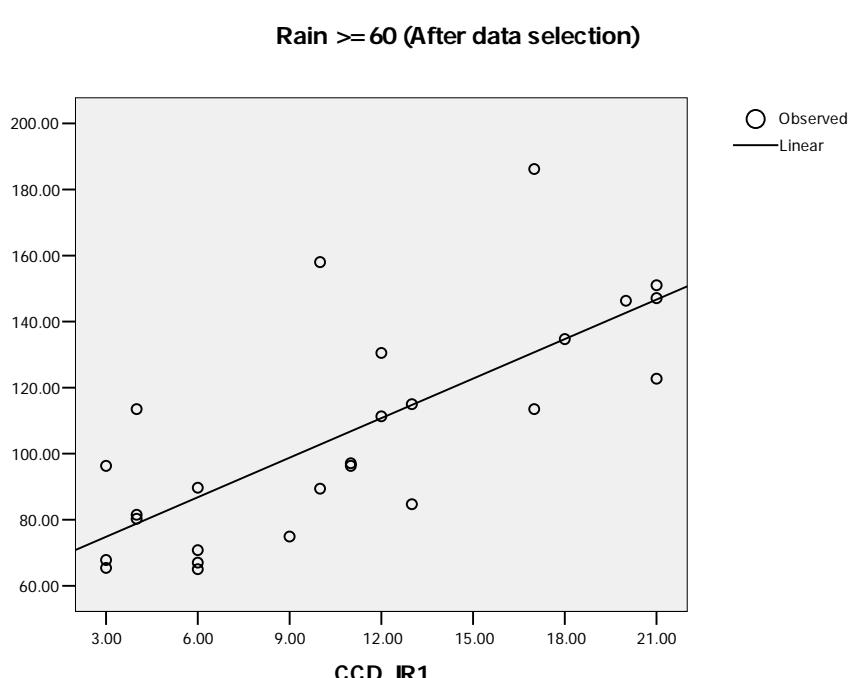
ภาพที่ 44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 50 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



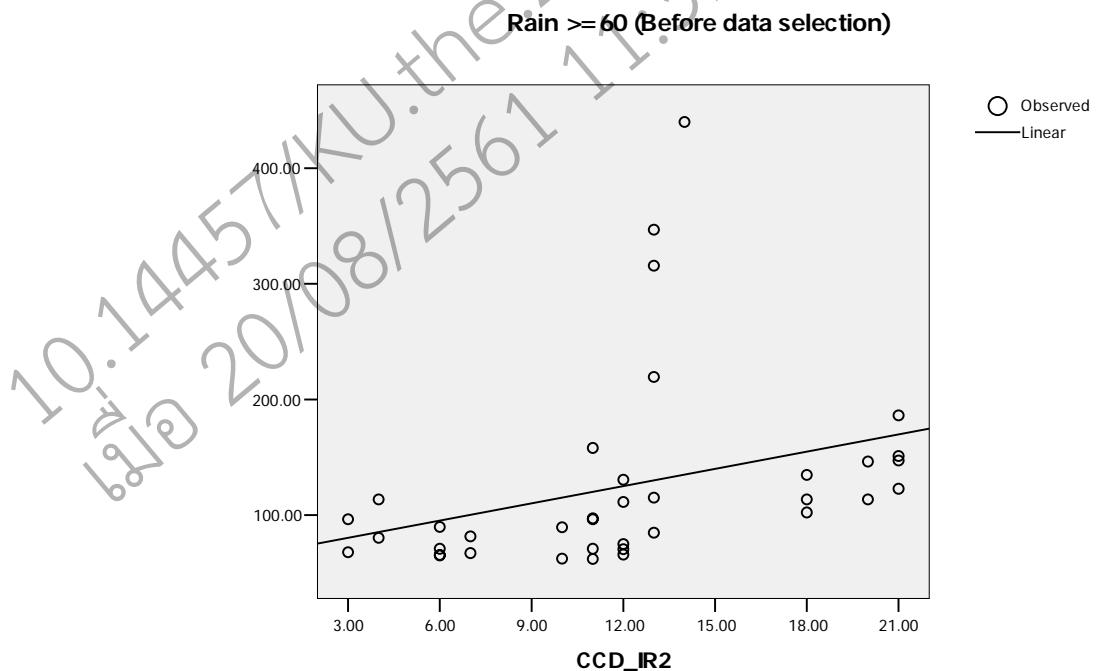
ภาพที่ 45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 50 หลังการคัดเลือกข้อมูล



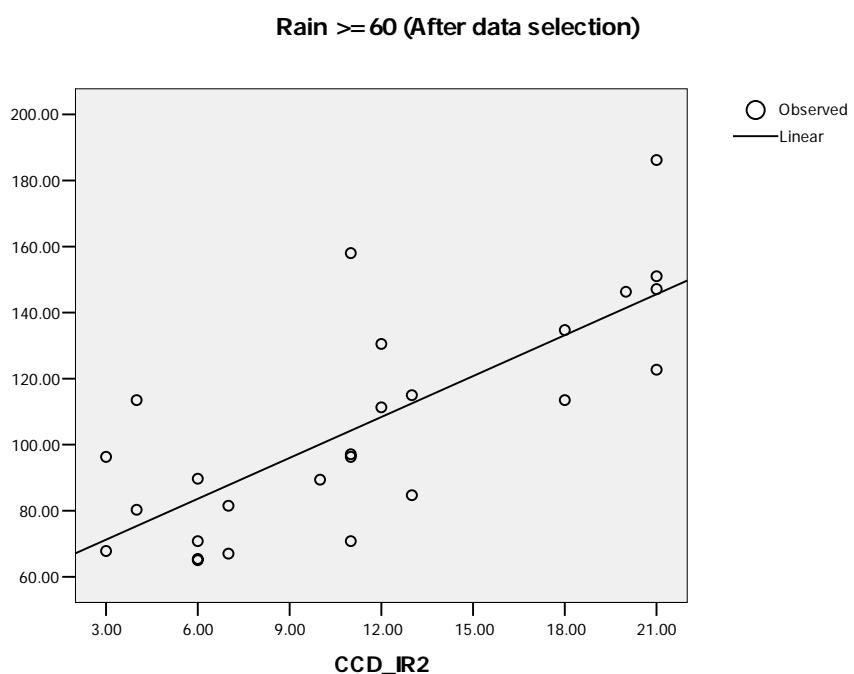
ภาพที่ 46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 60 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



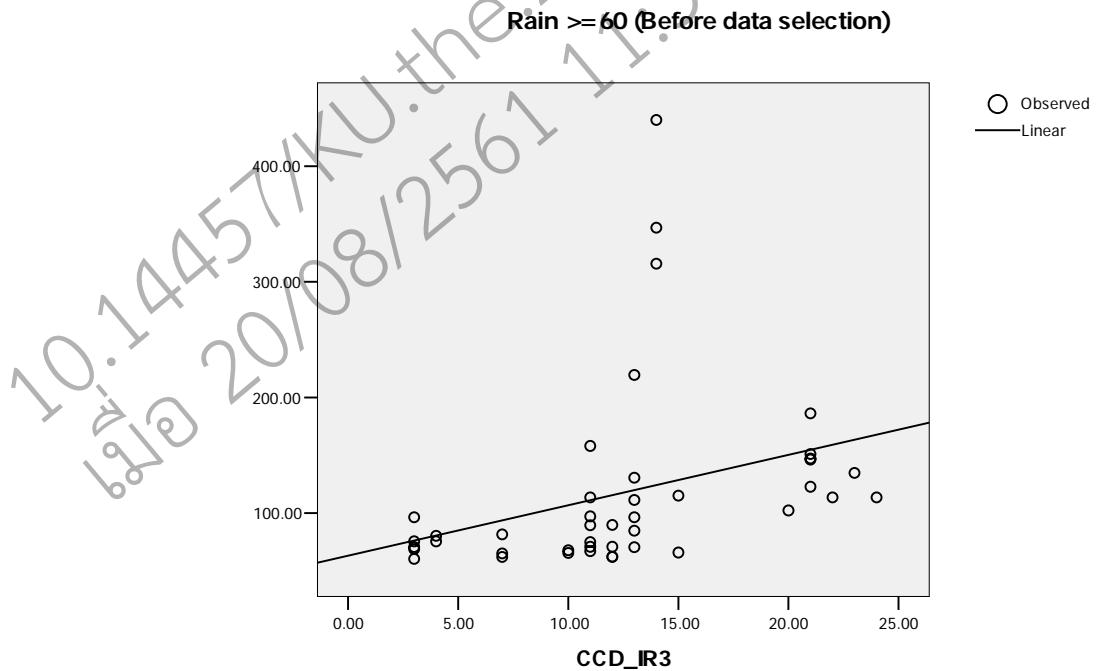
ภาพที่ 47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
หลังการคัดเลือกข้อมูล



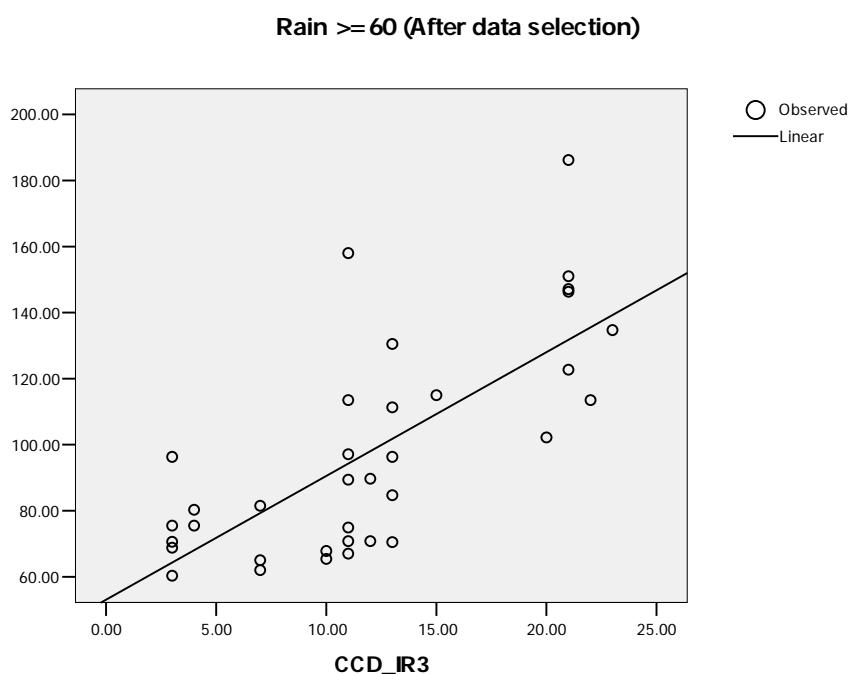
ภาพที่ 48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 60 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



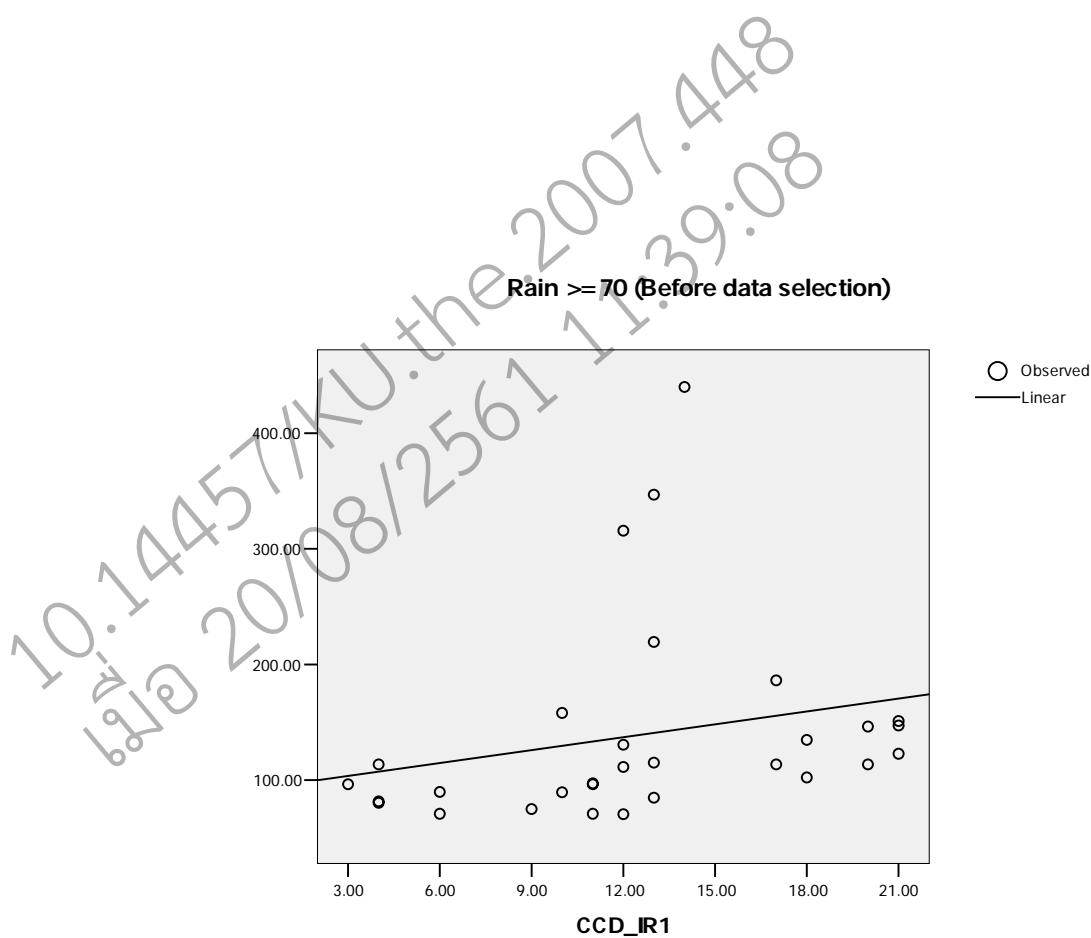
ภาพที่ 49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 60 หลังการคัดเลือกข้อมูล



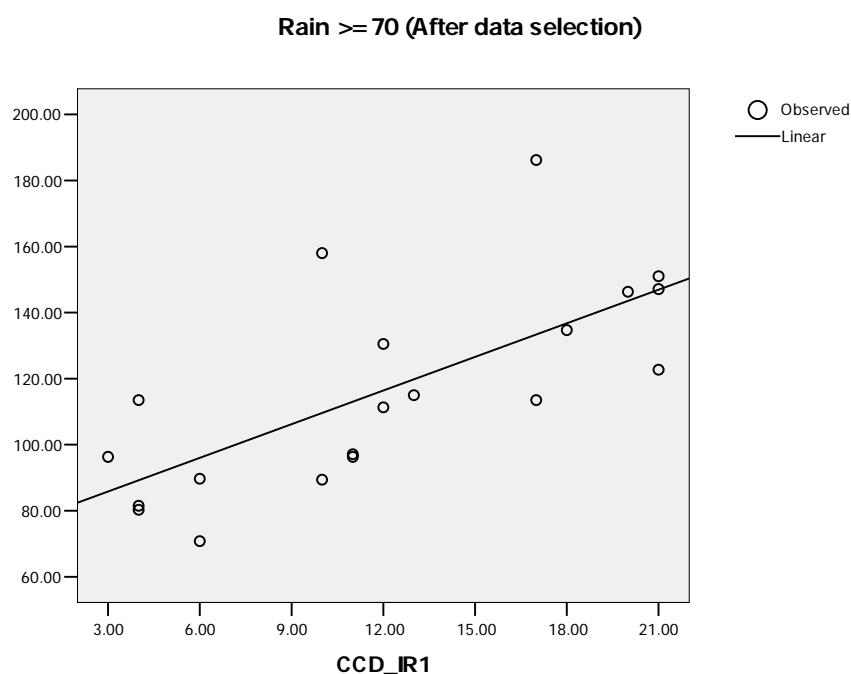
ภาพที่ 50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 60 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



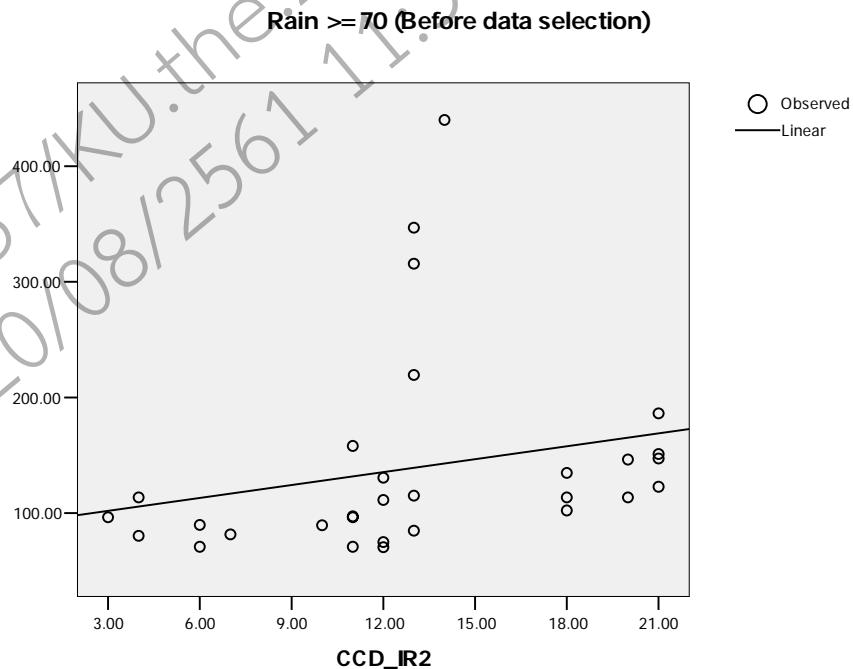
ภาพที่ 51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 60 หลังการคัดเลือกข้อมูล



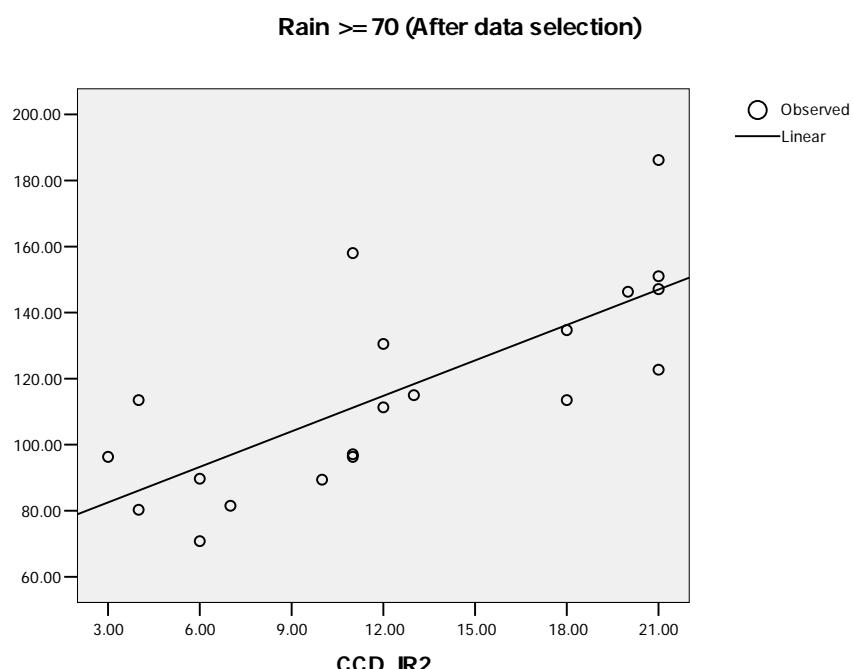
ภาพที่ 52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



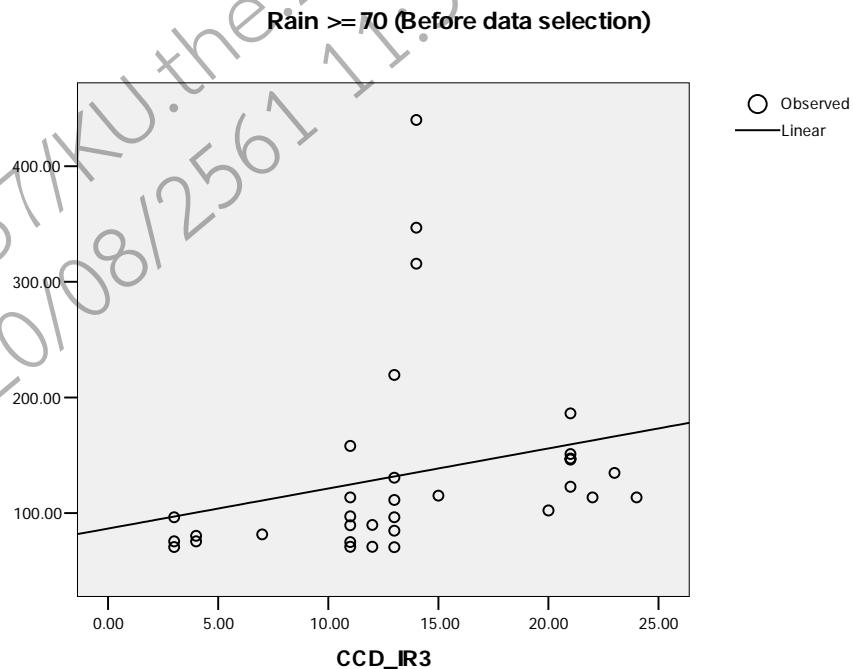
ภาพที่ 53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR1 (CCD_IR1)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 หลังการคัดเลือกข้อมูล



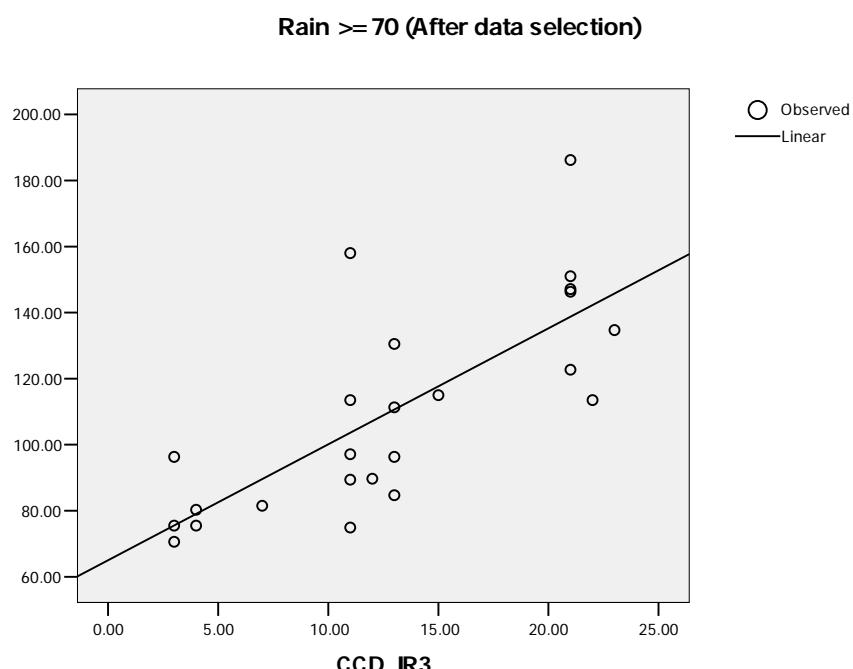
ภาพที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



ภาพที่ 55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR2 (CCD_IR2)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



ภาพที่ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 ก่อนการคัดเลือกข้อมูล



ภาพที่ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าช่วงเวลาเมฆเย็นของ IR3 (CCD_IR3)
ภายใต้เงื่อนไข Rain ≥ 70 หลังการคัดเลือกข้อมูล

วิจารณ์

หลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) พบว่า ณ อุณหภูมิจุดเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม ภายในได้เงื่อนไขต่าง ๆ กันจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ภายในหลังจากทำการคัดเลือกข้อมูลแล้วใช้ได้ดีพอควรภายในได้เงื่อนไขของฝนที่มากกว่า 35 มม. ขึ้นไป ส่วนที่มีผลกระทบเป็นอย่างมากต่อการศึกษานี้ ได้แก่

1. ข้อมูลฝน

1.1 ลักษณะของข้อมูลฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลฝนที่ได้จากการน้ำฝนเป็นข้อมูลฝนแบบรายวัน แต่ข้อมูลของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลรายชั่วโมง ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบโดยละเอียด หรือวิธีการเปรียบเทียบโดยตรงได้

1.2 ความต่อเนื่องของข้อมูลฝน ข้อมูลฝนที่ได้จากการน้ำฝนขาดความต่อเนื่องของข้อมูลฝน ทำให้การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลไม่สมบูรณ์ ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลฝนรายวันที่ใช้ในการทดสอบในเดือนกันยายนทั้งหมดเท่ากับ 30 วัน แต่ข้อมูลฝนที่มีอยู่จริงมีเพียงแค่ 15 วัน ดังนั้นภายในเวลา 15 วันที่ขาดหายไป อาจจะเกิดฝนขึ้นมากกว่า 35 มม. ต่อวันเป็นจำนวน 10 วัน ซึ่งค่าช่วงเวลาเมฆเย็นก็อาจจะมีค่ามากกว่า 2 ชั่วโมงต่อเนื่องกันภายใน 10 วันนี้ ก็ทำให้ขาดข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นเทียนมากถึง 10 ชุดข้อมูล ซึ่งมีผลกระทบเป็นอย่างมาก

1.3 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝน เมื่อข้อมูลฝนขาดความต่อเนื่องแล้วทำให้การตรวจสอบความน่าเชื่อถือเกิดความผิดพลาดซึ่งมีผลต่อการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลเหลือจำนวนน้อย ยกตัวอย่างเช่น ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา มีสถานีวัดน้ำฝนในช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งหมด 17 สถานี ประกอบด้วย สถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 9 สถานี ข้อมูลผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ 2 สถานี และสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 8 สถานี ข้อมูลผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ 4 สถานี ดังนั้นจึงเหลือสถานีที่ผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ และนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบได้เพียง 6 สถานี เป็นต้น

2. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

2.1 ความต่อเนื่องของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ถ้าหากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมขาด ความต่อเนื่องทำให้ลดจำนวนเหตุการณ์ที่สามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนที่เกิดขึ้น ส่งผลถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ลดน้อยลงไป

2.2 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม อาจเกิดความผิดพลาดบางประการที่ทำให้มีความน่าเชื่อถือของข้อมูลน้อย หรืออาจจะเนื่องมาจากดาวเทียมอยู่ในช่วงใกล้หมดอายุการออกแบบ เพราะดาวเทียม GMS-5 ได้ถูกปล่อยข้าสู่วงโคจรตั้งแต่ปี 2538 และมีอายุการออกแบบ 5 ปี นั่นก็คือปี พ.ศ. 2543 เป็นปีสุดท้ายที่อยู่ในช่วงอายุการใช้งานออกแบบ ซึ่งเป็นช่วงที่นำข้อมูลมาใช้งาน จึงอาจมีข้อผิดพลาดเนื่องจากสถานะแท่นด้วยก็เป็นได้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้เมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในพื้นที่อื่น ๆ จะเห็นได้ว่ามีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น และเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นในกรณีที่ฝนมีปริมาณน้อยยังได้ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ไม่เดียว

แนวทางที่ใช้ในการประมาณปริมาณฝนโดยวิธี แทนแซทประยุกต์นี้ มีแนวโน้มที่ดีในการประมาณปริมาณฝนต่อไป ซึ่งภายหลังจากที่ได้ทำการคัดเลือกกลุ่มข้อมูลตัวแทน โดยการจัดค่าข้อมูลบางส่วนที่กระจายออกจากกลุ่มข้อมูลออกไปทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีขึ้นเป็นอย่างมาก

ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษานี้ ทำให้พัฒนาแนวทางที่สามารถจะนำไปใช้ในการประมาณปริมาณฝนให้ดียิ่งขึ้นทั้งในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา และในบริเวณพื้นที่อื่น ๆ รวมถึงในพื้นที่ที่มีสถานีวัดน้ำฝนไม่เพียงพอ เมื่อได้สมการการประมาณปริมาณฝนในลุ่มน้ำเดียวกันแล้วก็สามารถจะนำไปประมาณปริมาณฝนในพื้นที่ดังกล่าวเพื่องานด้านการเกษตร, ด้านการวิเคราะห์ปริมาณน้ำผิวดิน และด้านการวางแผนการเก็บกักน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังคงมีข้อจำกัดในการประมาณฝนที่มีปริมาณน้อยกว่า 35 mm. ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำไปคาดการณ์สำหรับสถานการณ์ภัยแล้ง แต่ก็สามารถนำมาไปทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านนี้ได้ เมื่อมีข้อมูลที่ใช้ในการหาสมการความสัมพันธ์มากกว่าที่เป็นอยู่ นอกจากนี้แล้วแนวทางในการศึกษานี้ยังอาจจะนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้ในการพยากรณ์ฝนที่อาจจะเกิดขึ้นภายในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาด้วยเช่นกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

หลังจากได้ทำการตรวจสอบลักษณะข้อมูลฝน และข้อมูลดาวเทียมแล้ว พบร่วยวิธีการประมาณปริมาณฝนแบบแท่ง (TAMSAT) นั้นมีแนวโน้มความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการประมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จึงได้ตรวจสอบสมมุติฐาน และวิธีการของวิธีแท่งแท่ง แล้วได้นำมาประยุกต์ให้สามารถใช้ได้กับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา โดยมีการปรับแต่งสมมุติฐาน และเทคนิควิธีการในหลาย ๆ ส่วนเพื่อให้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูลที่มืออยู่ดังที่ได้แสดงไปแล้วนั้น พบร่วยว่า

1. จุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum threshold temperature) ที่ทำให้เกิดฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา คือ 224 เคลวิน หรือเท่ากับ -49 องศาเซลเซียส นั้นหมายความว่า เมื่อเมฆมีความสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดช่วงเวลาเมฆเย็น (Cold Cloud Duration) มากกว่า 2 ชั่วโมง ต่อเนื่องกันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 224 เคลวิน จะก่อให้เกิดฝน ณ ตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจสอบนั้นในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

2. สมการความถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ สามารถนำมาประมาณปริมาณฝนภายในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาได้ดี พอยใช้ ซึ่งในแต่ละสมการสามารถตรวจสอบความถูกต้องใกล้เคียงกับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นจริงได้ จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ซึ่งสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของเปอร์เซนต์ของความน่าจะเป็น ตารางที่ 21 แสดงสมการความสัมพันธ์ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของแต่ละกรณีทั้งหมด

ตารางที่ 21 แสดงสมการสำหรับการประมาณปริมาณฝน สำหรับบริเวณพื้นที่คุ่นนำคลองอู่ตะเภา

| เงื่อนไข อินฟราเรด | ช่องสัญญาณ | สมการ | R^2 | Eq. No. |
|-----------------------|------------|----------------------------------|-------|---------|
| Rain \geq 35 | IR1 | $Rain_{est} = 4.628CCD - 30.880$ | 0.620 | (7) |
| | IR2 | $Rain_{est} = 5.042CCD + 23.960$ | 0.641 | (8) |
| | IR3 | $Rain_{est} = 3.756CCD + 33.360$ | 0.530 | (9) |
| Rain \geq 40 | IR1 | $Rain_{est} = 4.368CCD - 36.951$ | 0.609 | (10) |
| | IR2 | $Rain_{est} = 5.098CCD + 27.544$ | 0.680 | (11) |
| | IR3 | $Rain_{est} = 3.825CCD + 35.352$ | 0.494 | (12) |
| Rain \geq 50 | IR1 | $Rain_{est} = 4.089CCD - 47.476$ | 0.509 | (13) |
| | IR2 | $Rain_{est} = 4.292CCD + 43.208$ | 0.545 | (14) |
| | IR3 | $Rain_{est} = 3.813CCD + 41.976$ | 0.498 | (15) |
| Rain \geq 60 | IR1 | $Rain_{est} = 3.990CCD - 62.882$ | 0.555 | (16) |
| | IR2 | $Rain_{est} = 4.130CCD + 58.821$ | 0.581 | (17) |
| | IR3 | $Rain_{est} = 3.748CCD + 53.057$ | 0.518 | (18) |
| Rain \geq 70 | IR1 | $Rain_{est} = 3.395CCD - 75.654$ | 0.494 | (19) |
| | IR2 | $Rain_{est} = 3.582CCD + 71.791$ | 0.564 | (20) |
| | IR3 | $Rain_{est} = 3.513CCD + 64.989$ | 0.559 | (21) |

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดหลายด้านที่ทำให้ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบที่ทำให้การประมาณปริมาณฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่คล่องอุต্তरgebra ได้ผลลัพธ์ที่ไม่คิดมากนัก เมื่อนำมาประมวลโดยภาพรวมแล้วพบว่าข้อจำกัดที่ทำให้ไม่ได้ผลลัพธ์ที่ดีพอคือ ข้อจำกัดของข้อมูลที่ได้รวบรวมมาเพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ โดยที่ข้อมูลหลักที่ใช้ประกอบด้วย ข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของดาวเทียม GMS-5 โดยจะได้กล่าวถึงข้อมูลแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลฝน

1.1 ลักษณะของข้อมูลฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ อย่างน้อยควรจะมีข้อมูลฝนที่มีความถี่การเก็บข้อมูลเท่ากับความถี่การกับข้อมูลของภาพถ่ายดาวเทียม จึงจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อการประมาณฝนที่หลากหลายมากขึ้น

1.2 ความต้องเนื่องของข้อมูลฝน ควรจะมีการปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงวิธีการเก็บข้อมูลฝนให้มีความต้องเนื่องกันมากขึ้น ซึ่งอาจจะใช้เทคโนโลยีการเก็บข้อมูลฝนทันสมัย และสะตอควบคู่กันไป เช่น การใช้ระบบโทรมาตร (Telemetry System) เข้ามาช่วย ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียด, ต่อเนื่อง, รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝน ถ้าการเก็บข้อมูลฝนมีความต่อเนื่อง, ละเอียด, รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ก็จะทำให้การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝน มีความน่าเชื่อถือโดยปริยาย

2. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

2.1 ความต้องเนื่องของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ถ้าหากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีความต่อเนื่อง ทำให้เพิ่มจำนวนเหตุการณ์ที่สามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนที่เกิดขึ้นมากขึ้น และทำให้การประมาณปริมาณฝนใกล้เคียงกับเหตุการณ์ฝนที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

2.2 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลคาดคะ姣าเที่ยม เนื่องด้วยดาวเที่ยม GMS-5 นั้นได้ หมวดอายุการใช้งานในปี พ.ศ.2543 ดังนั้นภายหลังการหมวดอายุการใช้งาน หากต้องการข้อมูลที่ ถูกต้องน่าเชื่อถือ ควรจะต้องใช้ข้อมูลดาวเที่ยมที่อยู่ภายในช่วงอายุการออกแบบ ก็จะทำให้ได้ข้อมูล ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. แนวทางในการศึกษาต่อจากการศึกษานี้

3.1 เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ กำหนดไว้เพียงแค่ 2 ปี คือปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2544 เมื่อนำมาตรวจสอบแล้วพบว่าฝนที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2543 มีเป็นจำนวนมาก จนทำให้ เกิดน้ำท่วมขึ้น ส่วนฝนในปี พ.ศ. 2544 นั้นฝนที่เกิดขึ้นมีจำนวนน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์แล้ว อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อนำไปประมาณปริมาณฝนที่เกิดขึ้นเป็นปกติ ดังนั้น การศึกษาต่อ จากการศึกษานี้จึงควรใช้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ให้มากขึ้น

3.2 เมื่อมีแนวทางในการศึกษาดังนี้แล้ว การศึกษาต่อจากนี้อาจจะนำวิธีการที่คล้ายกัน นี้มาพยากรณ์ฝนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่ศึกษาได้ก่อนที่จะเกิดฝนหนักขึ้นในพื้นที่ เพื่อเป็นการ เตือนภัยผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เลี่ยงภัยน้ำท่วม

3.3 การเจาะจงตำแหน่งพิกเซลเพียงตำแหน่งเดียวอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการ ประมาณฝน ควรพิจารณาพิกเซลข้างเคียงด้วย เพราะอาจจะมีการเคลื่อนที่ของเมฆ และเมื่อพิจารณา พิกเซลข้างเคียงแล้วก็จะทำให้รู้ทิศทางการเคลื่อนที่ของเมฆเย็นที่ก่อให้เกิดฝน ลักษณะดังกล่าวจึง เป็นแนวทางของการพยากรณ์ฝนต่อไปในอนาคต

3.4 ในปี พ.ศ. 2550 ดาวเที่ยมที่นำมาใช้แทนที่ดาวเที่ยม GMS-5 ได้แก่ ดาวเที่ยม MTSAT-1R ที่มีช่องสัญญาณ IR4 เพิ่มขึ้นมาเพื่อตรวจสอบ เมฆหมอกที่อยู่ระดับต่ำในเวลากลางคืน ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นต่อไปในอนาคตจึงควรจะใช้ประโยชน์จากช่องสัญญาณนี้ในการคัดเลือก ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ดียิ่งขึ้น

3.5 ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดฝน เช่น ลม เป็นต้น ควรจะนำมาประกอบใช้ในการ ประมาณปริมาณฝนให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ธีระพงษ์ เสาวภาคย์. 2539. การประเมินปริมาณน้ำฝนที่ทำให้เกิดอุทกภัยจากข้อมูลดาวเทียม อุตุนิยมวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545.

การศึกษาความเหมาะสมระบบคาดการณ์น้ำหลัก. รายงานฉบับกลาง, โครงการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ. 203 น.

มหาวิทยาลัยออกไกด์ ประเทศไทย ประจำปีปัจุบัน. 2545. แหล่งที่มา:

http://gmssrv.agr.hokudai.ac.jp/fa_en/coast.php, 7 มีนาคม 2550.

มหาวิทยาลัยโคชิ ประเทศไทย ประจำปีปัจุบัน. 2545. แหล่งที่มา:

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/>, 20 พฤษภาคม 2545.

วีระพล แต่สมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. สำนักพิมพ์สิริกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 317 น.

_____. 2533. หลักอุทกวิทยา. สำนักพิมพ์สิริกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 256 น.

ส่วนอุทกวิทยา สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2544. การบรรเทาอุทกภัยเทศบาลนครหาดใหญ่

พ.ศ.2543. เอกสารทางวิชาการ Hydrology NO.1309/01. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ. 115 น.

อรุณ สันกิawan. 2545. ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา. อุตุนิยมวิทยาน่ารู้. แหล่งที่มา:

<http://www.tmd.go.th>, 20 พฤษภาคม 2545.

Barret, E.C and M.J. Beaumont. 1994. Satellite rainfall monitoring, pp. 303-373. In Goel, N.S and E.C. Barrett, eds. **An Overview, in Remote Sensing Reviews**. Harwood Academic Publications, USA.

Grimes, D.I.F., J.R. Milford and G. Dugdale. 1993. The use of satellite rainfall estimates in hydrological modeling. **Presented at the first international conference.** African Met. Soc. Nairobi, Kenya.

Guillot, B. 1995. Satellite et precipitations. **Contraintes techniques et physiques, analyse de quelques méthodes, problèmes de recherche et de validation.** Veille Climatique Satellitaire. No. 55.

Herman, A., V.B. Kumar, P.A. Arkin and J.V. Kousky. 1997. **Objectively determined 10-day African rainfall estimates created for famine early warning systems.** Int. J. Rem. Sens. No. 18.

Houghton J.T and F.W. Taylor. 1973. **Remote sounding from artificial satellites and space probes of the atmospheres of the earth and the planets.** n.p.

Kidder, S.Q. and T.H. Vonder haar. 1995. **Satellite Meteorology, an introduction.** London. Academic Press.

Mohammedberhan, N. 1998. **Satellite based rainfall estimation over Eritrea.** M.S. thesis, The University of Reading, England.

Morland, J., D. Grimes, G. Dugdale and T. Hewison. 1997. The effect of the land surface on microwave rainfall estimates, pp. 493-498. **Proceedings of the 23rd Annual Conference and Exhibition.** Remote Sensing Society, Reading, England.

Spencer, R.W., H.M. Goodman and R.E. Hood. 1989. **Precipitation retrieval over land and ocean with SSMI. Identification and characteristics of the scattering signal.** J.Atmos. And Oceanic Tech. No. 6.

Twomey, S., H. Jacobowitz and H.B. Howell. 1967. **Light Scattering by cloud layers.** J.Atmos. Sc. No. 24.

10.14457/KU.the.2007.448
บันทึก 20/08/2561 11:39:08

ภาคผนวก

113

ກາອຝ້າວ ປ

Source Code สำหรับการแปลงค่าสภาพถ่ายดาวเทียม

โปรแกรมย่ออยเพื่อการแปลงค่าสีในภาพถ่ายดาวเทียม เป็นค่าอุณหภูมิ (เคลวิน)

```

import java.io.*;
import java.util.*;
class Image
{
    public int [][] pixels;
    public int depth,width,height;
    public Image()
    {
        pixels = new int[2000][2000];
        depth = width = height = 0;
    }
    public Image(int inDepth, int inWidth, int inHeight)
    {
        pixels = new int[inWidth][inHeight];
        width = inWidth;
        height = inHeight;
        depth = inDepth;
    }
    public void ReadPGM(String fileName,String textField,String FromFile,String IR,String Month)
    {
        String line;
        StringTokenizer st;
        try {
            BufferedReader in =
                new BufferedReader(new InputStreamReader(
                    new BufferedInputStream(
                        new FileInputStream(fileName))));
            DataInputStream in2 =
                new DataInputStream(

```

```

new BufferedInputStream(
    new FileInputStream(fileName)));
// read PGM image header
// skip comments
line = in.readLine();
in2.skip((line+"\n").getBytes().length);
do {
    line = in.readLine();
    in2.skip((line+"\n").getBytes().length);
} while (line.charAt(0) == '#');

// the current line has dimensions
st = new StringTokenizer(line);
width = Integer.parseInt(st.nextToken());
height = Integer.parseInt(st.nextToken());
// next line has pixel depth
line = in.readLine();
in2.skip((line+"\n").getBytes().length);
st = new StringTokenizer(line);
depth = Integer.parseInt(st.nextToken());
// read pixels now
try{
    BufferedWriter      out      =      new      BufferedWriter(new      FileWriter(new
File(textFile+"_Temp_2000jul.txt"),true));
    for (int y = 0; y < height; y++){
        for (int x = 0; x < width; x++) {
            pixels[x][y] = in2.readUnsignedByte();
            //System.out.println("pixels["+ x +"]["+ y +"] = "+ pixels[x][y]);
            //writer.write("pixels["+ x +"]["+ y +"] = "+ pixels[x][y]);
        }
    }
}

```

```
String temp1,temp2,temp3,temp4,temp5,temp6;
temp1 = calTemp(pixels[610][541],textFile,FromFile,IR,Month);
temp2 = calTemp(pixels[610][541],textFile,FromFile,IR,Month);
temp3 = calTemp(pixels[609][541],textFile,FromFile,IR,Month);
temp4 = calTemp(pixels[612][540],textFile,FromFile,IR,Month);
temp5 = calTemp(pixels[609][539],textFile,FromFile,IR,Month);
temp6 = calTemp(pixels[609][536],textFile,FromFile,IR,Month);
out.write(FromFile+",");
out.write(temp1+" , "+temp2+" , "+temp3+" , "+temp4+" , "+temp5+" , "+temp6);
out.newLine();
out.close();
}catch(IOException e){
    System.out.println("Error write to file.");
}
in.close();
in2.close();
} catch(ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
    System.out.println("Error: image too big");
} catch(IOException e) {
    System.out.println("End of stream encountered");
}
}

public void WritePGM(String fileName)
{
    String line;
    StringTokenizer st;
    int i;
    try {
        DataOutputStream out =
```

```

new DataOutputStream(
    new BufferedOutputStream(
        new FileOutputStream(fileName)));
out.writeBytes("P5\n");
out.writeBytes("#created by Paul Rosin\n");
out.writeBytes(width+" "+height+"\n255\n");

for (int y = 0; y < height; y++)
    for (int x = 0; x < width; x++)
        out.writeByte((byte)pixels[x][y]);

out.close();
} catch( IOException e) {
    System.out.println("ERROR: cannot write output file");
}
}

public String calTemp(int pixVal,String textField,String FromFile,String IR,String Month){
    String temp="";
    String readline="";
    long count=0;
    try{
        String pathRoot = "C:\\testTemp";
        String subStr = FromFile.substring(0,12);
        System.out.println(pathRoot+"\\\"+subStr+"CAL.dat");
        BufferedReader in1 = new BufferedReader(new
File(pathRoot+"\\\"+subStr+"CAL.dat")));
        while ((readline = in1.readLine()) != null) {
            count++;
            if(IR.equalsIgnoreCase("IR1") && (count == (262+pixVal))){
                String r[] = readline.split("pixval: ");
                temp = r[1];
            }
        }
    }
}

```

```
        } else if(IR.equalsIgnoreCase("IR2") && (count == (519+pixVal))){  
            String r[] = readline.split("pixval: ");  
            temp = r[1];  
        } else if(IR.equalsIgnoreCase("IR3")&& (count == (776+pixVal))){  
            String r[] = readline.split("pixval: ");  
            temp = r[1];  
        }  
        // case VIS not implement yet  
    }  
  
    } catch(IOException e){  
        System.out.println("ERROR: calculate temperature");  
    }  
  
    return temp;  
}  
  
public String[] openFromDirectory(String str)  
{  
    String [] str1;  
    File direc = new File(str);  
    str1 = direc.list();  
    return str1;  
}  
}
```

โปรแกรมหลักเพื่อการแปลค่าสีในภาพถ่ายดาวเทียม เป็นค่าอุณหภูมิ (เคลวิน)

```

import java.io.File;
class test1 {
    public static void main(String args[]){
        Image m = new Image();
        String textField = "C:\\projectimage";
        String pathRoot = "C:\\testGrads";
        String Month[] = openFromDirectory(pathRoot);
        for(int i=0;i<Month.length;i++){
            System.out.println(pathRoot+"\\"+Month[i]);
            String IR[] = openFromDirectory(pathRoot+"\\"+Month[i]);
            for(int j=0;j<IR.length;j++){
                System.out.println(pathRoot+"\\"+Month[i]+\\"+IR[j]);
                String Hour[] = openFromDirectory(pathRoot+"\\"+Month[i]+\\"+IR[j]);
                for(int n=0;n<Hour.length;n++){
                    System.out.println(pathRoot+"\\"+Month[i]+\\"+IR[j]+\\"+Hour[n]);
                    m.ReadPGM(pathRoot+"\\"+Month[i]+\\"+IR[j]+\\"+Hour[n],textField+"\\"+Month[i],Hour[n],IR[j],Month[i]);
                    //Hour[n] = filename
                }
            }
        }
        public static String[] openFromDirectory(String str)
        {
            String [] str1;
            File direc = new File(str);
            str1 = direc.list();
            return str1;
        }
    }
}

```

ภาคผนวก ข

Source Code การหาผลรวมของช่วงเวลาเม้มเชื่น (CCD) รายวัน

โปรแกรมเพื่อการหาผลรวมของช่วงเวลาเมฆมายืน (CCD) รายวัน

Sub temp_ccd_IR123()

Dim c, cl, m, n, mmmm, tm, ct, tc, a, b, e, mth, dd, ccd, p, r, cdn, cr, ccdc As Integer

Dim cl1, td As Integer

c = 0; m = 1; n = 0; a = 1; tc = 0; tm = 0

cd = 24; e = 0; yon = 30; kom = 31;

r = 14; m = 17; mmmm = 2; td = 1

c = 1; b = 1; ct = 225; cl = 0; ccd = 225

'Number of Temperature

For p = 1 To 21

Cells(b, m).Value = ct

If r = 14 Then

Cells(b, 13) = "Mth"

Cells(b, 14) = "Day"

Cells(b, 15) = "Sta"

Cells(b, 16) = "Tdays"

End If

'Number of Station

For n = 1 To 6

cdn = 0

ccdc = 0

For mth = 6 To 13

If mth = 6 Then dd = yon

If mth = 7 Then dd = kom

If mth = 8 Then dd = kom

If mth = 9 Then dd = yon

If mth = 10 Then dd = kom

If mth = 11 Then dd = yon

If mth = 12 Then dd = kom

```

If mth = 13 Then dd = kom
  If r = 14 Then Cells(mmm, 13).Value = mth
  For d = 1 To dd
    a = a + 1
    If r = 14 Then
      Cells(a, r).Value = d
      Cells(a, r + 1).Value = n
      Cells(a, r + 2).Value = td
    End If
    For e = 1 To 24
      ccd = ct
      tm = ccd
      tc = Cells(c, n + 5).Value
      If tc = 0 Then tc = tm + 999
      If tc <= tm Then cdn = cdn + 1
      If tc > tm Then
        If cdn > 2 Then
          ccdc = ccdc + cdn
        End If
        cdn = 0
      End If
      c = c + 1
      If e = 24 And cdn > 2 Then
        ccdc = ccdc + cdn
        cdn = 0
      End If
    Next e
    If r = 14 Then cl = 1
    If cl = 1 Then Cells(a, r + 3).Font.ColorIndex = 3 Else Cells(a, r + 3).Font.ColorIndex = 0
    Cells(a, r + 3).Value = ccdc
  End If
End If

```

ccdc = 0

cdn = 0

td = td + 1

Next d

If r = 14 Then mmm = mmm + dd

Next mth

c = 1

td = 1

Next n

a = 1

r = r + 1

m = m + 1

ct = ct + 1

cl1 = ct Mod 2

If cl1 <> 0 Then cl = 1 Else cl = 0

Next p

End Sub

10.14457/KU.the.2007.448
ມູນຄວາມຄວາມຄອດຍເຊີງເສັ້ນ
20/08/2561 11:39:08

ການພະນັກ ຄ

ສມກາຣທີ່ເກື່ອງຂອງໃນກາຣວິເຄຣະຫໍ່ຄວາມຄວາມຄອດຍເຊີງເສັ້ນ

สมการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation of Residuals)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta y_i)^2}{N}}$$

เมื่อ $(\Delta y_i)^2 = (y_i - \bar{y})^2$

S_y = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation of Residuals)

y_i = ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล (Observed Value)

\bar{y} = ข้อมูลที่ได้จากการใช้สมการคำนวณ

N = จำนวนข้อมูลในชุดข้อมูลที่นำมาใช้ตรวจสอบ

สมการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

$$r = \frac{\sum (\Delta x_i \Delta y_i)}{\sqrt{\sum (\Delta x_i)^2 \sum (\Delta y_i)^2}} = \frac{\sum x_i y_i - N \bar{x} \bar{y}}{s_x s_y}$$

เมื่อ r = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$, x_i คือค่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

$\Delta y_i = y_i - \bar{y}$, y_i คือค่าตัวแปรตาม (Dependent Variable)

s_x, s_y = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ x_i และ y_i ตามลำดับ

N = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

สมการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) คือการนำเอาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มายกกำลังสอง ดังนั้นจะได้

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ = r^2

สมการหาค่าคงที่ (b_0) และค่าสัมประสิทธิ์ (b_1) ของสมการความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - N \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - N \bar{x}^2} = \frac{\sum \Delta x_i \Delta y_i}{\sum (\Delta x_i)^2}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = \bar{y} - \bar{x} \frac{\sum \Delta x_i \Delta y_i}{\sum (\Delta x_i)^2}$$

เมื่อ $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$, x_i คือค่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

$\Delta y_i = y_i - \bar{y}$, y_i คือค่าตัวแปรตาม (Dependent Variable)

N = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล

วัน เดือน ปี ที่เกิด

สถานที่เกิด

ประวัติการศึกษา

ตำแหน่งหน้าที่การทำงานปัจจุบัน

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

ผลงานเด่นและรางวัลทางวิชาการ

ทุนการศึกษาที่ได้รับ

นายเจน อรุณสิทธิ์

วันที่ 23 กันยายน 2514

จังหวัดเชียงใหม่

2539 วศ.บ.(ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2543 บช.บ.(การจัดการงานก่อสร้าง)

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช

กรรมการผู้จัดการ

บริษัท เจนการช่าง จำกัด