

ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM  
และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์

RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY TRMM SATELLITE  
AND RADAR

โดย



ทิพย์วรรณ ทอดแสน

THIPPAWAN THODSAN

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. โอพาร วงศ์วิรัตน์

b. ....  
i. ....

b.12720033

๑๗.  
๗468๘  
๙554

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....139317  
วันเดือนปี.....30 ต.ค. 2558

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษาอิสระ  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY TRMM SATELLITE  
AND RADAR**



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS OF THE COURSE**

**INDEPENDENT STUDY**

**MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ 1/2011 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2011**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

เอกสาร **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** อนุญาตให้ใช้ฟรีโดยไม่คิดค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์
นักศึกษา	นางสาวทิพย์วรรณ ทอดแสน
รหัสนักศึกษา	51066419
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2554
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. โอพาร วงศ์วิรัตน์

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีโทรมาตรอัตโนมัติของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) ยังขาดกระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้อง ทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้น โครงการนี้ จึงเป็นการพัฒนาระบบการตรวจสอบข้อมูลโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ ร่วมกับข้อมูลจากสถานีโทรมาตรเพื่อ ความถูกต้อง โดยระบบจะประเมินพื้นที่การกระจายของฝนจากภาพถ่ายเรดาร์ร่วมกับข้อมูลน้ำฝนจากสถานีโทรมาตรในเบื้องต้น หากข้อมูลมีความผิดปกติต่อเนื่องตามเงื่อนไขของเวลา ระบบจะส่ง อีเมลล์อัตโนมัติ ไปยังเจ้าหน้าที่โทรมาตร และระบบจะปรับแก้ค่าปริมาณน้ำฝนที่ผิดปกติ โดยใช้ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ หลังจากนั้นบันทึกลงฐานข้อมูล และ เผยแพร่ข้อมูลไปยังผู้ใช้ต่อไป

<b>Title</b>	RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY SATELLITE AND RADAR
<b>Student</b>	Miss.Thippawan Thodsan
<b>Student ID</b>	51066419
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Information Technology
<b>Major</b>	Information Science
<b>Academic Year</b>	2011
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Dr.Olarn Wongwirat

### ABSTRACT

In the present, the rainfall data from the automatic telemetry stations of Hydro and Argo Informatics Institute (HAI) is still lacking the accuracy checking process which causes a fault in the data. This project concerns the developing system by TRMM satellite and RADAR. The information from RADAR images accompanying with the information from telemetry stations. The system will evaluate the raining area from the RADAR images and primary rain information from Telemetry stations. If the information miscalculates continuously in terms of time, the system will automatically send an e-mail to the administrator and will calibrate the rainfall by analyzing the TRMM which it will then record to the database for further use.

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์โอฬาร วงศ์วิรัตน์ ประธานการสอบ ที่เป็นทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาที่เคารพ ที่ให้ความกรุณาชี้แนะและคำปรึกษาที่มีคุณค่าตลอดช่วงการทำโครงการ ทำให้โครงการนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว ภายในรั้วบ้านไอทีลาดกระบัง มิได้มีเพียงแต่ความรู้ ณ ที่แห่งนี้ มอบให้ข้าพเจ้า ยังรวมถึงประสบการณ์ต่างๆอันมีคุณค่า น้ำใจอันงดงาม การช่วยเหลือของทุกคน เปรียบประหนึ่งข้าพเจ้าเป็นส่วนหนึ่งของรั้วบ้านไอทีลาดกระบังแห่งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่าน พี่เพื่อน น้องนิสิตปริญญาโท ทั้งพี่เต่าและพี่เก้ง ที่สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่หาข้อมูลให้ตลอด

ความดีหรือประโยชน์ต่างๆอันใดพึงมีมาจากโครงการนี้ทั้งหมดขอมอบให้กับครอบครัว อันเป็นที่รักยิ่งของข้าพเจ้า คุณแม่ คุณพ่อ ที่ให้ชีวิตและคอยผลักดันสิ่งดีๆเสมอมา คุณอาที่เป็นกำลังใจให้หลานทั้งยามทุกข์ ยามสุขคอยสนับสนุนในทุกเรื่องที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงการพัฒนาระบบงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ทิพย์วรรณ ทอดแสน

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการพัฒนาระบบ.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ	
2.1 แนวทางการตรวจวัดข้อมูลฝน.....	4
2.2 การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน (Telemetry).....	4
2.3 การตรวจวัดกลุ่มฝนด้วยเรดาร์.....	6
2.4 การประมาณค่าปริมาณฝนจากความเข้มของกลุ่มฝน.....	10
2.5 การแปลงระบบพิกัดจากเป็นระบบทรงกลมสามมิติ.....	12
2.6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา.....	13
2.7 การตรวจวัดปริมาณฝนด้วยข้อมูลจาก TRMM .....	15
2.8 การประเมินปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพจากการสังเคราะห์TRMM.....	17
2.9 ลักษณะของข้อมูลภาพถ่าย TRMM.....	17
บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	
3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบปัจจุบัน.....	20
3.2 ปัญหาที่พบในระบบงานปัจจุบัน.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาใด ๆ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3	ความต้องการของระบบใหม่.....	21
3.4	แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานระบบงานใหม่.....	22
3.5	ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram).....	25
3.6	คลาสไดอะแกรม (Class Diagram).....	46
3.7	ซีควเอนซ์ไดอะแกรม (Sequence Diagram).....	47
บทที่ 4 การออกแบบฐานข้อมูล		
4.1	อีอาร์ไดอะแกรม.....	56
4.2	ตารางแสดงความสัมพันธ์.....	58
บทที่ 5 การจัดสร้างและทดสอบระบบ		
5.1	เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ.....	63
5.2	การออกแบบหน้าจอของระบบ.....	63
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ		
6.1	สรุปผลการศึกษา.....	73
6.1	ปัญหา ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ.....	73
บรรณานุกรม.....		75
ประวัติผู้เขียน.....		77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา v ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดคลื่น ความยาวช่วงคลื่นและช่วงความถี่เรดาร์.....	7
2.2 ความสัมพันธ์ของ dBZ กับอัตราการตกของฝน.....	9
3.1 คำอธิบายยูสเคส Get Log from Telemetry.....	27
3.2 คำอธิบายยูสเคส Get Radar Images from database.....	28
3.3 คำอธิบายยูสเคส Get TRMM from database.....	29
3.4 คำอธิบายยูสเคส Filter data.....	30
3.5 คำอธิบายยูสเคส Calibrate.....	31
3.6 คำอธิบายยูสเคส Calculate dBZ.....	35
3.7 คำอธิบายยูสเคส Process TRMM.....	37
3.8 คำอธิบายยูสเคส Show rainfall.....	40
3.9 คำอธิบายยูสเคส Alert data.....	41
3.10 คำอธิบายยูสเคส Warning rainfall.....	43
3.11 คำอธิบายยูสเคส Login.....	44
4.1 ตาราง log_data.....	58
4.2 ตาราง real_data.....	58
4.3 ตาราง telemetry_staion.....	59
4.4 ตาราง radar_rain.....	59
4.5 ตาราง radar_scale.....	60
4.6 ตาราง radar_data.....	60
4.7 ตาราง trmm_rain.....	60
4.8 ตาราง trmm_scale.....	61
4.9 ตาราง trmm_data.....	61
4.10 ตาราง Admin.....	61
4.11 ตาราง zone.....	62
4.12 ตาราง rain_rule.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา **VI** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบโทรมาตร.....	5
2.2 กระบวนการกรองข้อมูลปริมาณฝนจากโทรมาตร.....	5
2.3 ส่วนประกอบของเรดาร์.....	7
2.4 ผลตรวจวัดด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ.....	8
2.5 ขนาดของภาพเรดาร์.....	10
2.6 ความสัมพันธ์ภาพการสะท้อนของเรดาร์ (dBZ) กับความเข้มของฝน.....	12
2.7 การแปลงพิกัดจากสองมิติเป็นพิกัดทรงกลม.....	13
2.8 วงโคจรดาวเทียมค้างฟ้า.....	14
2.9 วงโคจรดาวเทียมใกล้โลก.....	15
2.10 วงโคจรดาวเทียมTRMM.....	16
2.11 ปริมาณฝนสะสม 24 ชั่วโมงจาก TRMM.....	17
2.12 แถบสีกำหนดปริมาณฝนสะสมบนภาพ TRMM.....	17
2.13 ข้อมูลแบบราสเตอร์ของภาพดาวเทียม.....	18
2.14 โครงสร้างข้อมูลเซลล์ที่ประกอบด้วยแถวและคอลัมน์ หรือแบบกริดในลักษณะต่างๆ	18
3.1 ภาพรวมของระบบปัจจุบัน.....	20
3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ.....	24
3.3 แผนภาพยูสเคส.....	25
3.4 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Get Log from telemetering.....	28
3.5 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Get Radar Images from database...	29
3.6 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Get TRMM from database .....	30
3.7 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Filter data.....	31
3.8 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Calibrate.....	34
3.9 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Calculate dBZ.....	36
3.10 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Process TRMM.....	39
3.11 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Show rainfall.....	41
3.12 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Alert data.....	42
3.13 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Warning rainfall.....	44
3.14 แอ็กทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Login.....	45

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 คลาสไดอะแกรมของระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม และภาพเรดาร์.....	47
3.16 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Get Log from Telemetry.....	48
3.17 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Get Radar Images from database.....	48
3.18 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Get TRMM from database.....	49
3.19 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Filter_data.....	49
3.20 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Calibrate.....	50
3.21 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Calculate dBZ.....	51
3.22 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Process TRMM.....	52
3.23 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Show Rainfall.....	52
3.24 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการแจ้งเตือนข้อมูลปริมาณฝนผิดพลาด.....	53
3.25 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากน้ำฝน.....	53
3.26 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Login.....	54
3.27 ขั้นตอนการตรวจสอบปริมาณฝนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมTRMM และข้อมูลภาพเรดาร์.	55
4.1 อีอาร์ไดอะแกรม.....	57
5.1 ข้อมูลปริมาณฝนที่ผ่านการกรองแล้ว.....	64
5.2 การแปลง pixel บนภาพเรดาร์.....	64
5.3 กระบวนการแปลงความเข้มของฝนด้วยภาพเรดาร์.....	65
5.4 กระบวนการอ่านค่าปริมาณฝนสะสมด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM.....	66
5.5 หน้าจอรายละเอียดของข้อมูลปริมาณฝนจากโทรมาตร.....	67
5.6 หน้าจอผลการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพเรดาร์.....	68
5.7 หน้าจอผลการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม TRMM.....	69
5.8 หน้าจออีเมลแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่โทรมาตรเมื่อพบข้อมูลผิดพลาด.....	70
5.9 หน้าจอเตือนภัยปริมาณฝน.....	71
5.10 หน้าจอล็อกอินเข้าสู่ระบบ.....	72

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการตรวจวัดข้อมูลปริมาณฝนด้วยระบบโทรมาตรที่สถานีสนาม (Telemetry) โดยส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS มาเก็บไว้ยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) หากสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ขัดข้องทำให้ข้อมูลปริมาณฝนที่ส่งมามีปัญหาระหว่างการส่งข้อมูล ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนได้ และโดยทั่วไปเมื่อเกิดฝนตกก็มีฝนละอองในอากาศปะปนลงมาด้วย เนื่องจากผลของลมพัดพาฝนละออง ทำให้เกิดการอุดตันของกระบอกวัดน้ำฝน หรือตำแหน่งการติดตั้งถูกบดบังโดยต้นไม้หรืออาคาร ทำให้ไม่ได้รับค่าตรวจวัดที่แท้จริง ก่อให้เกิดความเสียหายต่อข้อมูลฝนและความเชื่อมั่นข้อมูลต่อผู้ใช้ ทั้งนี้เพราะความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนที่รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง (Real-Time data collection) จึงเป็นประโยชน์ต่อเตรียมการวางแผนและเตือนภัยฝนได้เป็นอย่างดีสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) ได้มีการติดตั้งระบบโทรมาตรครอบคลุมทั่วประเทศในพื้นที่ต่างๆ เพื่อการกระจายของฝน โดยติดตั้งใกล้กับสถานีส่งสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Cell Site) ทำให้เกิดข้อจำกัดของระบบโทรมาตรดังนี้ กระบอกวัดน้ำฝนซึ่งติดตั้งอยู่สูงจากพื้นดิน 2 เมตร ไม่มีคนพื้นที่ดูแลเนื่องจากสถานีส่งสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Cell Site) ตั้งอยู่ห่างไกลอาคารบ้านเรือนสำหรับป้องกันอุปกรณ์สูญหาย ด้วยเหตุนี้ความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนจากระบบโทรมาตรจึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการทำงานของกระบอกวัดน้ำฝนเป็นสำคัญ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลพื้นที่ และการบำรุงรักษาระบบโทรมาตรจำนวนมากอาจไม่คุ้มค่า โดยเฉพาะพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก

โครงการนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยข้อมูลสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ร่วมกับข้อมูลโทรมาตร เพื่อหาข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ขนาดเล็ก โดยระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนเบื้องต้นด้วยความแรงของกลุ่มฝนจากภาพตรวจอากาศเรดาร์ร่วมกับข้อมูลน้ำฝนจากสถานีโทรมาตร ว่าพื้นที่ดังกล่าวถูกปกคลุมด้วยเมฆฝนแล้วทำให้ฝนตกจริงหรือไม่ กรณีเกิดความผิดพลาดในการส่งสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบจะปรับแก้ค่าข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพถ่ายดาวเทียม TRMM ก่อนบันทึกลงฐานข้อมูล เพื่อความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนและเพิ่มความเชื่อมั่นในข้อมูลที่ได้มีการปรับค่าแก่ผู้ใช้ยิ่งขึ้น

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

โครงการการศึกษาและพัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม TRMM และภาพเรดาร์ มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการนำข้อมูลสังเคราะห์จากภาพดาวเทียม TRMM และภาพเรดาร์ตรวจอากาศในการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนของระบบโทรมาตร
- 1.2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนเบื้องต้น โดยใช้ระดับความเข้มของกลุ่มฝนจากข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ตรวจอากาศ
- 1.2.3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปรับแก้ค่าข้อมูลปริมาณฝนของระบบโทรมาตร โดยใช้ข้อมูลสังเคราะห์จากภาพดาวเทียม TRMM ด้วยการเทียบค่าฝนจากตำแหน่งที่ติดตั้ง

## 1.3 ขอบเขตของการพัฒนาระบบ

โครงการนี้เป็นโครงการที่ทำงานในลักษณะ Web Application และใช้สถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบ Client/Server ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนามีขอบเขตดังนี้

- 1.3.1 กำหนดขอบเขตของพื้นที่การศึกษาเฉพาะในเขตลุ่มน้ำยมตอนบน ลุ่มน้ำน่าน ในส่วนที่ครอบคลุม โดยสถานีเรดาร์ตรวจอากาศเชียงรายเท่านั้น ซึ่งมีรัศมีทำการครอบคลุมพื้นที่ในรัศมี 240 กิโลเมตร
- 1.3.2 ข้อมูลจากระบบโทรมาตรวัดน้ำฝนจำนวน 34 สถานี ติดตั้งกระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย 14 สถานี จังหวัดพะเยา 7 สถานี และจังหวัดน่าน 13 สถานี
- 1.3.3 การปรับแก้ค่าวิธีการเทียบค่าปริมาณฝนจากระบบโทรมาตร พิจารณาเฉพาะข้อมูลปริมาณฝน มากกว่า 10 มิลลิเมตรขึ้นไป ด้วยวิธีเทียบค่าฝนจากตำแหน่งที่ติดตั้งของระบบโทรมาตรเท่านั้น
- 1.3.4 การตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณฝนจากระบบโทรมาตร นำข้อมูลภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสุนัขเชียงรายเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3.5 ข้อมูลจากระบบโทรมาตรเป็นข้อมูลของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร(องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมง อยู่ในระหว่าง ปี พ.ศ.2549-2553 เท่านั้น

## 1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนในการดำเนินการ โครงการประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานต่างๆดังนี้

- 1.4.1 วิเคราะห์ปัญหา และข้อจำกัดของระบบเดิม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำเสนอระบบงานใหม่
- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับค่าปริมาณฝนด้วยภาพที่จะนำมาพัฒนาระบบ
- 1.4.3 กำหนดขอบเขต วิเคราะห์และออกแบบระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม TRMM และภาพถ่ายเรดาร์ตรวจอากาศ นำมาสร้างเป็นแบบจำลองเชิงวัตถุ
- 1.4.4 พัฒนาและทดสอบการทำงานของระบบ
- 1.4.5 สรุปผลและจัดทำเอกสารคู่มือ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนจากระบบโทรมาตร โดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ คาดว่าจะได้รับผลประโยชน์ดังต่อไปนี้

- 1.5.1 ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนจากระบบโทรมาตรด้วยความรวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์
- 1.5.2 เจ้าหน้าที่โทรมาตรสามารถติดตามสถานะการส่งข้อมูลของระบบโทรมาตรได้สะดวก
- 1.5.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลปริมาณฝนจากระบบโทรมาตรของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) ต่อไป

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและออกแบบระบบ

การพัฒนาระบบงานจำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีและเทคโนโลยีต่างๆที่มีมาตรฐานและต้องนำมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้สามารถออกแบบและพัฒนาระบบได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานให้มากที่สุด การพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ ได้นำทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 2.1 แนวทางการตรวจวัดข้อมูลฝน

ข้อมูลปริมาณฝนและตำแหน่งการเกิดฝนมีความสำคัญอย่างมากในงานวิศวกรรม การจัดการ และการออกแบบวางแผน ข้อมูลฝนเหล่านี้สามารถหาได้จากเครื่องมือตรวจวัดฝนที่มีอยู่อย่างมากมาย ตั้งแต่เครื่องตรวจวัดปริมาณฝนอย่างง่ายโดยใช้ภาชนะรอง ไปจนถึงการใช้ดาวเทียมในการหาปริมาณและตำแหน่งการเกิดฝน เครื่องตรวจวัดสามารถแบ่งกว้างๆ ได้เป็น 3 กลุ่มตามชนิดของเครื่องตรวจวัด คือ การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาพพื้นดิน (Telemetry) การตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ (RADAR) และการตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอตุณิยวิทยา นอกจากความแตกต่างของเครื่องวัดและวิธีการตรวจวัดแล้วข้อมูลที่ตรวจวัดยังได้มีความแตกต่างกันในเรื่องความละเอียด ลักษณะของข้อมูลและความถูกต้อง (สุจริต คุณชนกุตวงศ์ และคณะ,2550)

#### 2.2 การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน (Telemetry)

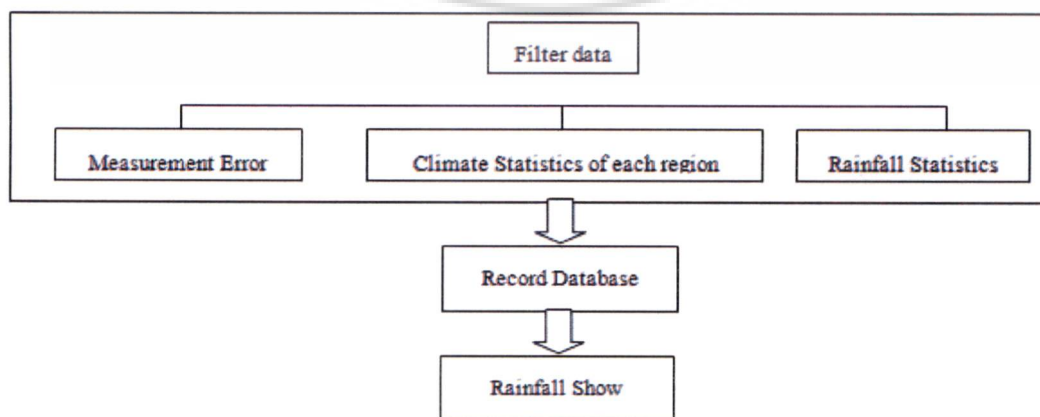
ระบบที่ใช้รวบรวมและจัดการข้อมูล แสดงผลของการทำงานตรวจวัดรับ-ส่งข้อมูล และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ โดยเฉพาะกับอุปกรณ์ที่อยู่ห่างไกลจากการที่ไม่มีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานที่สถานีนั้นๆ เนื่องจากระบบโทรมาตรเป็นระบบที่สามารถแสดงผลข้อมูลจากระยะไกล ซึ่งอาศัยโครงข่ายการสื่อสารและอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ในการติดต่อระหว่างศูนย์ควบคุม และสถานีโทรมาตรที่ติดตั้ง การวัดข้อมูลฝนนี้สามารถวัดปริมาณฝนในหน่วยลึกของน้ำฝนต่อหน่วยเวลา เช่น มิลลิเมตรต่อชั่วโมง (mm/hr) หรือ นิ้วต่อชั่วโมง เป็นต้น การตรวจวัดปริมาณฝนด้วยโทรมาตรอาจมีความคลาดเคลื่อนได้บ้าง เนื่องจากผลของลม หรือตำแหน่งการติดตั้งมีการบดบังโดยต้นไม้หรืออาคาร เป็นต้น แต่เนื่องจากข้อมูลที่วัดได้เป็นปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นที่โดยตรง ค่าปริมาณฝนที่ได้จากโทรมาตรจึงมีความถูกต้องค่อนข้างสูง ดังนั้นระบบโครงข่ายการสื่อสารจึงมีความสำคัญต่อการทำงาน of ระบบ เป็นอย่างยิ่ง และจะต้องมีความเชื่อถือได้สูงมากเพื่อให้ศูนย์ควบคุมสามารถติดตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะต่างๆที่เกิดขึ้น และควบคุมอุปกรณ์ที่ติดตั้งได้ตลอดเวลาอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง โดยศูนย์ควบคุมจะทำหน้าที่ส่งคำสั่งในการควบคุมไปที่หน่วยควบคุมระยะไกล ที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีสนามของระบบโทรมาตร ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบโทรมาตร

ระบบโทรมาตร คืออุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิตัวชี้ เช่น ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความกดอากาศ เป็นต้น ทั้งมีการตรวจวัดข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยจะส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GPRS ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) ที่เปิดช่องทางการรับข้อมูล โดยมีการกรองข้อมูลปริมาณฝนที่ได้รับ ดังรูปที่ 2.2 เป็นการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อนจัดเก็บลงฐานข้อมูล (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร องค์การมหาชน [สสนก.], 2553)



รูปที่ 2.2 กระบวนการกรองข้อมูลปริมาณฝนจากโทรมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการกรองข้อมูลปริมาณฝนจากโทรมาตร สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อระบบโทรมาตรส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) จะมีกระบวนการคัดกรองข้อมูลปริมาณฝน 3 ขั้นตอน ได้แก่ กรองด้วยค่าคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ กรองด้วยสภาพภูมิอากาศ และค่าสถิติฝนรายวันของแต่ละพื้นที่ ก่อนที่การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล เพื่อนำมาประมวลผลในขั้นต่อไป

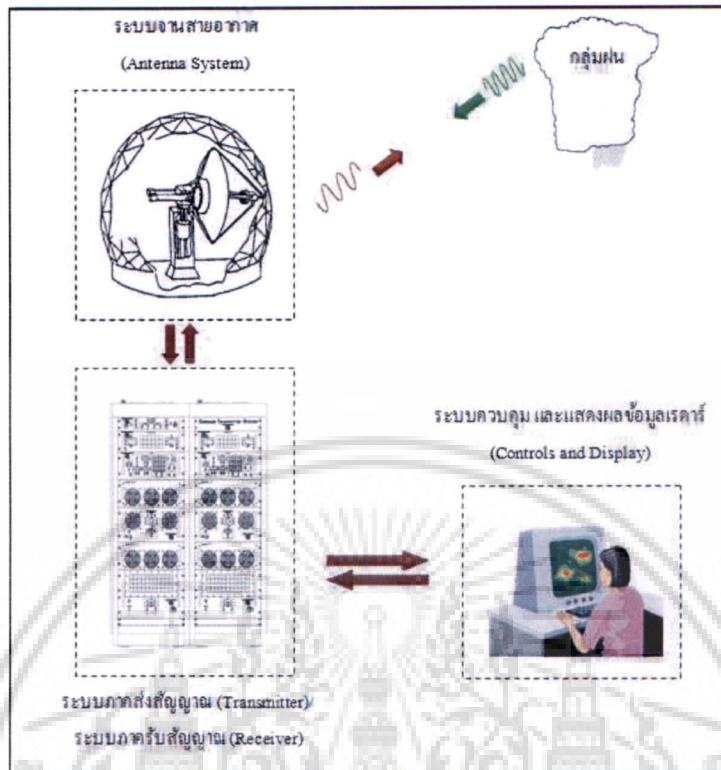
## 2.3 การตรวจวัดกลุ่มฝนด้วยเรดาร์

ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยา ใช้เรดาร์ในการตรวจวัดกลุ่มเมฆฝนครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทย ตรวจวัด และในทุกช่วงเวลาที่ต้องการตรวจโดยเรดาร์ชนิดดอปเพลอร์(doppler) สามารถประมาณปริมาณของฝน รวมทั้งให้ข้อมูลในเชิงปริมาณ เมื่อนำมาวิเคราะห์กับปริมาณการตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดบนภาคพื้นดิน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการประเมินปริมาณฝน

Doviak and Zmic (1992) กล่าวว่า เรดาร์(Radio Detection and Ranging : RADAR) เป็นเครื่องมือที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ไมโครเวฟออกไปกระทบเป้าหมาย จากนั้นคลื่นจะสะท้อนกลับมายังจานสายอากาศไปสู่ระบบเครื่องรับแล้วแสดงผลในค่าของระยะทางและตำแหน่งของวัตถุเป้าหมาย ระบบเรดาร์นำไปประยุกต์ในงานด้านต่างๆมากมายอันเป็นประโยชน์ต่อการขนส่ง การติดต่อสื่อสารทางโทรคมนาคม การพยากรณ์อากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความต้องการในการนำไปใช้งาน สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทำงานโดยทั่วไปของระบบเรดาร์ ตลอดจนการประยุกต์ใช้เรดาร์ในการวัดข้อมูลในบรรยากาศซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพเรดาร์

### 2.3.1 หลักการทำงาน

เรดาร์ทำงาน โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปในอวกาศด้วยความเร็วแสง ( $2.998 \times 10^8$  เมตรต่อวินาที) และจะกระทบกับวัตถุต่างๆที่อยู่ตามแนวทางของคลื่น เมื่อตกกระทบวัตถุใดๆจะเกิดการหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของคลื่นทำให้ค่าความเร็วเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งค่าความเร็วคลื่นที่สะท้อนความเปลี่ยนแปลงไปในบรรยากาศ สามารถระบุตำแหน่งเป้าที่ต้องการวัดซึ่งสัมพันธ์กับจุดอ้างอิงที่รู้ตำแหน่งแน่นอนได้ ดังนั้น เรดาร์มีส่วนประกอบสำคัญคือ ภาคส่งคลื่น(transmitter) เพื่อผลิตพลังงานความถี่เรดาร์ไปตามสายส่งคลื่นมาที่งานส่งคลื่น (antenna) ส่งพลังงานออกไปและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับ โดยการส่งคลื่นจะส่งไปในลักษณะของลำคลื่น ซึ่งเปลี่ยนแปลงทิศทางตามการหมุนของสายอากาศ ทำให้คลื่นกระจายออกไปโดยรอบเพื่อตรวจหาวัตถุที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของเรดาร์  
(ที่มา : ฉันทิ เดชโยธิน, 2551)

### 2.3.2 ช่วงความถี่คลื่นของเรดาร์

ระบบเรดาร์ใช้ช่วงคลื่นความถี่ประมาณ 220 MHz ถึง 35 GHz ดังแสดงในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดคลื่น ความยาวช่วงคลื่นและช่วงความถี่เรดาร์

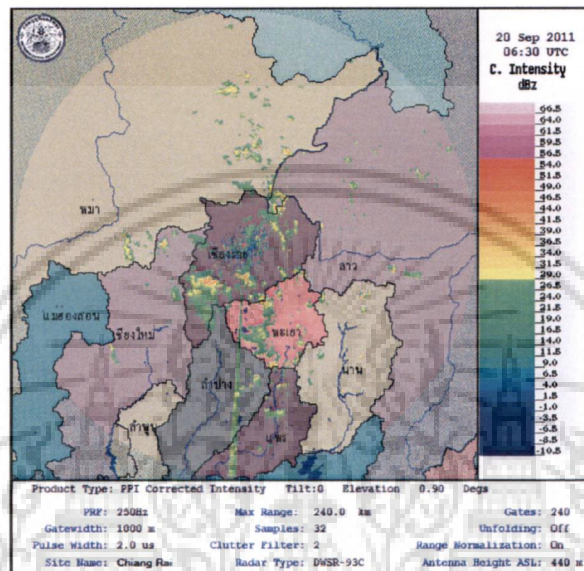
ชนิดคลื่น (Band)	ความถี่ (GHz)	ช่วงความยาวคลื่น (cm)	ตัวอย่างที่ใช้ในงานอุตุนิยมวิทยา	
			ความถี่(GHz)	ช่วงความยาวคลื่น(cm)
S	2.0-4.0	7.5-15	2.8	10.7
C	4.0-8.0	3.75-7.5	5.5	5.5
X	8.0-12.0	2.5-3.75	9.4	3.25

(ที่มา : ประเสริฐ อังสุรัตน์และคณะ, 2542.)

การใช้งานระบบเรดาร์ในแต่ละช่วงคลื่น โดยทั่วไปสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
S วิศวกรเคลื่อนที่ระยะใกล้ สามารถวัดได้ในสภาพอากาศที่มีฝนตกหนัก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- C วัดการเคลื่อนที่ระยะไกลและตรวจหาวัตถุระยะไกลได้ดี สามารถวัดสภาพอากาศ ที่มีฝนตกน้อยหรือปานกลาง
- X วัดการเคลื่อนที่ระยะไกลในสภาพอากาศแจ่มใส และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อมีฝน



รูปที่ 2.4 ผลตรวจวัดด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ  
(ที่มา : เครื่องข่ายเรดาร์ตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา,2554)

แถบสี (ทางด้านขวา) แสดงดังรูปที่ 2.4 แสดงสเกลแบ่งระดับของ Reflectivity (dBZ) หรือระดับสัญญาณสะท้อนกลับแบบ dBZ จากค่าน้อยไปมาก ค่า Reflectivity หรือค่า dBZ จะมีความสัมพันธ์กับขนาด และความหนาแน่นของเม็ดน้ำฝนในบรรยากาศ เมื่อค่า dBZ มีค่ามากขึ้น แสดงว่าความแรงของกลุ่มฝนมีค่ามากขึ้นตามค่า dBZ ที่มากขึ้น ซึ่งผลจากการวัดจะออกมาในค่า Radar Reflectivity (Z) ขณะเดียวกันค่า dBZ ยังมีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการตกของฝน (Rain Rate)

### 2.3.3 การวัดความแรงของฝนด้วยเรดาร์

ข้อมูลความเข้มฝนในรูปแบบของคลื่นสะท้อนจากเม็ดน้ำในอากาศนี้ (Radar Reflectivity) ไม่สามารถบอกปริมาณฝนที่ตกลงสู่พื้นดินได้โดยตรงเช่นเดียวกับการใช้โทรมาตรวัดการที่จะแปลงค่าคลื่นสะท้อนหรือค่า Z ได้ประเมินเป็นตัวเลขที่เปรียบเทียบ คือ Log หรือ decibels ของ Z (dBZ) โดยแสดงให้เห็นว่าอัตราการตกของฝน และ Radar Reflectivity Factor (Z) มีขนาดเท่าไร ซึ่งด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ในลักษณะ Simple Power Law ซึ่งเรียกว่าสมการ Z-R relationship โดยอนุโลมว่าการกระจายของเม็ดฝนเป็นลักษณะเอ็กโพเนนเชียล (Exponential) โดยคำจำกัดความ ค่า Z เป็นสัดส่วนตรงกับผลรวมของกำลัง 6 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดน้ำภายในหน่วยตรวจวัดเรดาร์ หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Z_v = \frac{\sum_{i=1}^k N_i D_i^6}{V} \quad (2.1)$$

ที่มา : Rochette, 2001

โดย N คือ จำนวนเม็ดน้ำทั้งหมดที่กระจายตัว  
D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดน้ำ  
V คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำ

โดยทั่วไปความเข้ม dBZ สามารถแสดงความแรงของฝนได้ โดยสามารถเปรียบเทียบช่วงค่าความเข้ม dBZ จากการตรวจวัดของเรดาร์กับอัตราการตกของฝน ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของ dBZ กับอัตราการตกของฝน

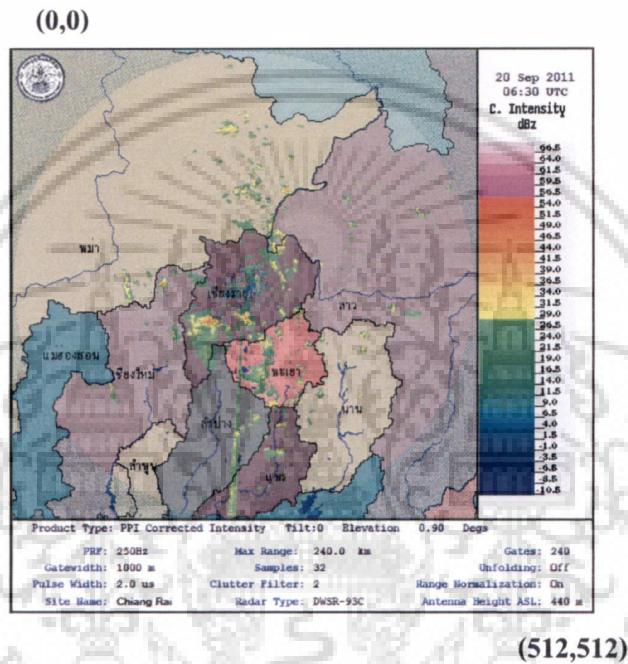
ช่วงสัญญาณสะท้อนกลับ (dBZ)	อัตราการตกของฝน(มม./ชม.)
-10.0 ถึง 20.0	กลุ่มเมฆ(ไม่มีฝนหรือ ฝนตกมีปริมาณน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร)
20.1 ถึง 30.0	ฝนตก 0.1 มิลลิเมตรขึ้นไป แต่ไม่เกิน 10.0 มิลลิเมตร
30.1 ถึง 40.0	ฝนตกปริมาณ 10.0 มิลลิเมตร ถึง 20.0 มิลลิเมตร
40.1 ถึง 45.0	ฝนตกปริมาณ 20.1 มิลลิเมตร ถึง 35.0 มิลลิเมตร
45.1 ถึง 50.0	ฝนตกปริมาณ 35.0 มิลลิเมตร ถึง 50.0 มิลลิเมตร
50.1 ถึง 55.0	ฝนตกปริมาณ 50.1 มิลลิเมตร ถึง 90.0 มิลลิเมตร
>55.1	ฝนตกตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

(ที่มา : พงศกร จิวภรณ์คุปต์, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.4 ขนาดของภาพเรดาร์

ขนาดของภาพเรดาร์จะเหมือนกับขนาดของภาพต่างๆที่แสดงในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป คือ มีหน่วยเป็น pixel หรือหนึ่งจุดภาพ โดยมีจุดคั่นนับจากมุมบนซ้าย(0,0) ดังตัวอย่างรูปที่ 2.5 ภาพเรดาร์จะมีขนาด 512 pixel และยาว 512 pixel ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดภาพสุดท้ายที่มุมล่างขวา (512,512) วิธีอ่านจุดภาพใดๆบนระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะอ่านจากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา ซึ่งตรงนี้สามารถรู้ตำแหน่งที่แน่นอนของแถบสีกลุ่มฝนในภาพเรดาร์ได้ (ฉันทิ เศษโยธิน,2551)



ปริมาณฝนที่ตกลงในพื้นที่ (Rain-rate, R) จะสามารถประมาณได้จากค่าการสะท้อนกลับ (Z) ตามสมการ Z-R Relationship ดังต่อไปนี้

$$Z = aR^b \quad (2.2)$$

โดย  $Z$  = ค่าการสะท้อนของเรดาร์ ( $\text{mm}^6/\text{m}^3$ )

$R$  = อัตราการตกของฝน ( $\text{mm/hr}$ )

$a, b$  = ค่าคงที่ (โดยกำหนดค่า  $a=300, b=1.6$  เป็นค่ากำหนดเริ่มต้น)

จะได้  $Z = 300R^{1.6}$  ซึ่งเป็นสมการที่เหมาะสมกับลักษณะการเกิดฝนในประเทศไทย เมื่อใช้อัตราการตกของฝน ( $R$ ) คูณด้วยช่วงเวลาในการตรวจวัดของเรดาร์ในแต่ละรอบการตรวจก็จะได้ปริมาณฝนในหน่วยมิลลิเมตร

#### 2.4.2 ปริมาณฝนรวม

การตรวจวัดของเรดาร์จะตรวจวัดในช่วงเวลาสั้นๆของรอบเวลาการตรวจ เช่น รอบการตรวจ 1 ชั่วโมง เรดาร์อาจใช้เวลาในการตรวจวัดแค่ 5 นาทีในต้นชั่วโมงถ้าหากมีฝนตกในระหว่างที่ไม่ได้ตรวจเรดาร์ก็จะไม่สามารถทราบได้เลยว่ามีฝนตกหรือไม่ ซึ่งอาจมีปัญหาในการประเมินปริมาณฝนได้ เนื่องจากกลุ่มฝนหรือเม็คน้ำในกลุ่มฝนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา หากกำหนดรอบเวลา ( $\Delta t$ ) ในการตรวจให้ถี่มากขึ้นก็จะสามารถทราบรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มเมฆมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณฝนได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จากความสัมพันธ์ Z-R จะทำให้ทราบอัตราการตกของฝน ( $R$ ) ดังนั้นก็สามารถกำหนดให้ปริมาณฝนรวม ( $R_{\text{Total}}$ )

$$R_{\text{Total}} = \int_{t_{\text{start}}}^{t_{\text{end}}} R dt \quad (2.3)$$

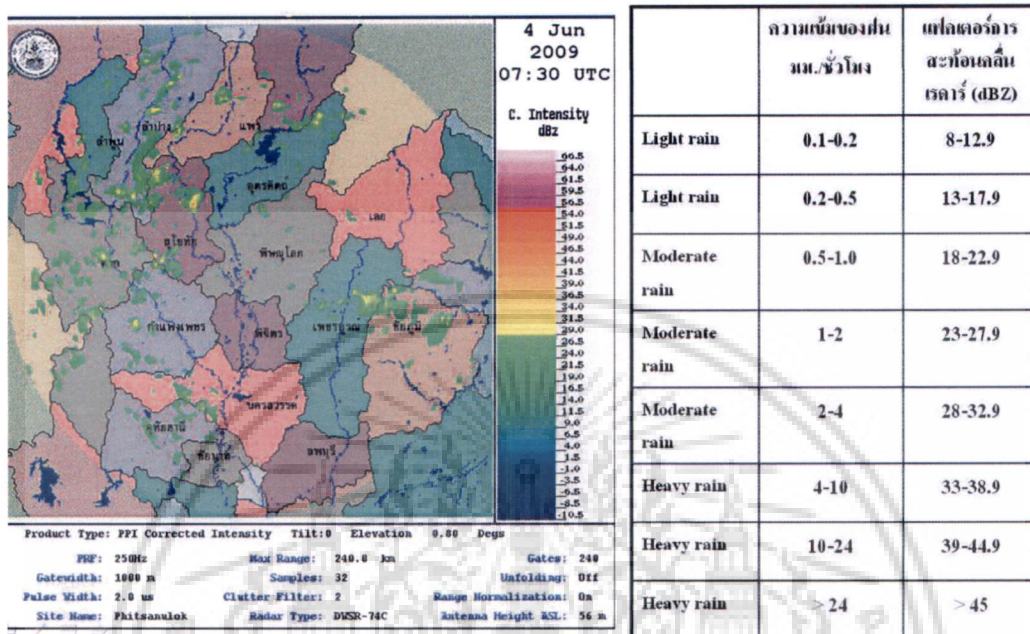
$$R_{\text{Total}} \approx \sum_{t_{\text{start}}}^{t_{\text{end}}} R \Delta t \quad (2.4)$$

ที่มา : LEE and Dong-In, 2000

เมื่อ	$R_{\text{Total}}$	คือ ปริมาณฝนรวม (มิลลิเมตร)
	$R$	คือ อัตราการตกของฝน
	$\Delta t$	คือ เวลาในการตรวจวัดของเรดาร์แต่ละรอบการตรวจวัด (ชั่วโมง)
	$t_{\text{start}}$	คือ เวลาเริ่มต้นการตรวจวัดของเรดาร์
	$t_{\text{end}}$	คือ เวลาสุดท้ายการตรวจวัดเรดาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแสดงความสัมพันธ์ภาพการสะท้อนของเรดาร์ (dBZ) กับความเข้มของฝน (มม.ชั่วโมง)  
 ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ภาพการสะท้อนของเรดาร์ (dBZ) กับความเข้มของฝน

### 2.5 การแปลงระบบพิกัดฉากเป็นระบบทรงกลมสามมิติ

พิกัดฉากสองมิติ คือจุดกำเนิดหรือสถานีที่ตั้งของสถานีเรดาร์ เพื่อที่จะให้สามารถนำข้อมูลมาสร้างเป็นภาพปริมาณฝนสะสมจากเรดาร์ จึงจำเป็นต้องแปลงพิกัดให้สามารถประเมินผลได้ง่ายในรูปของพิกัดทรงกลม ดังนี้

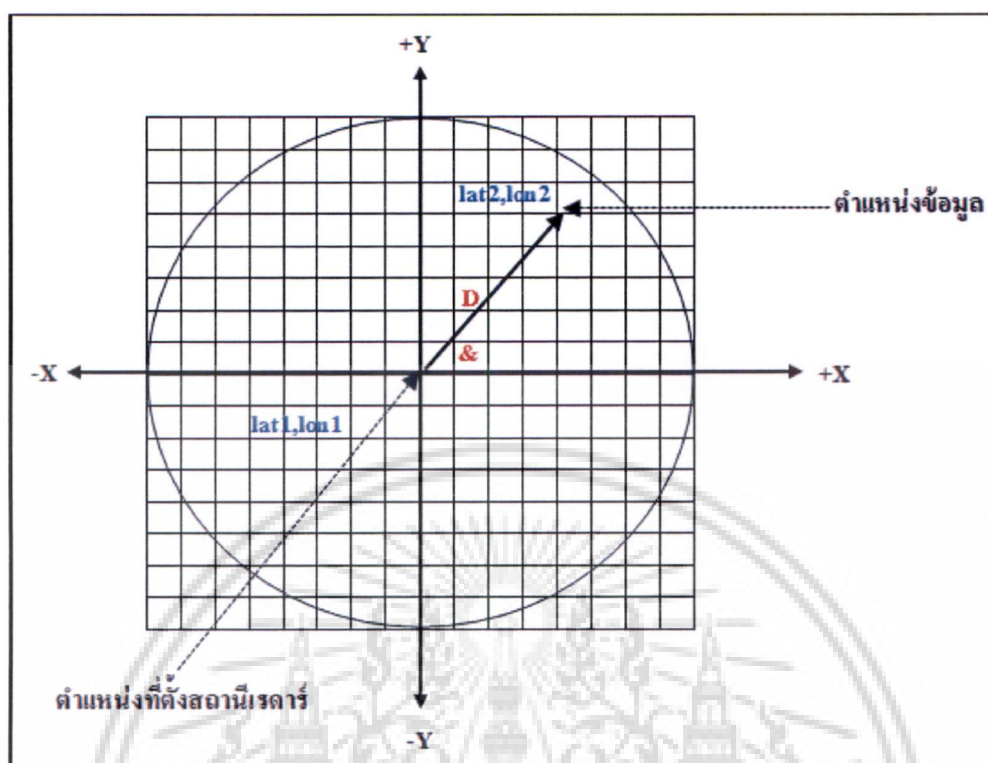
$$lat2 = asin(\sin(lat1) + \cos(lat1) * \sin(\frac{D}{R}) * \cos(&))$$

$$lon2 = lon1 + atan2(\sin(&)) * \sin(\frac{D}{R}) * \cos(lat1)$$

(ที่มา : Veness and Eisner,2002-2006)

- โดย lat1 และ lon1 คือ ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของที่ตั้งสถานีเรดาร์
- lat2 และ lon2 คือ ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของจุดข้อมูล
- D คือ ระยะห่างจากสถานีเรดาร์ไปยังตำแหน่งของจุดข้อมูลหน่วยเป็น กม.
- R คือ ค่าเฉลี่ยรัศมีของโลก 6,371 กิโลเมตร
- & คือ มุมในแนวที่รัศมี D ทำกับแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การแปลงพิกัดจากสองมิติเป็นพิกัดทรงกลม

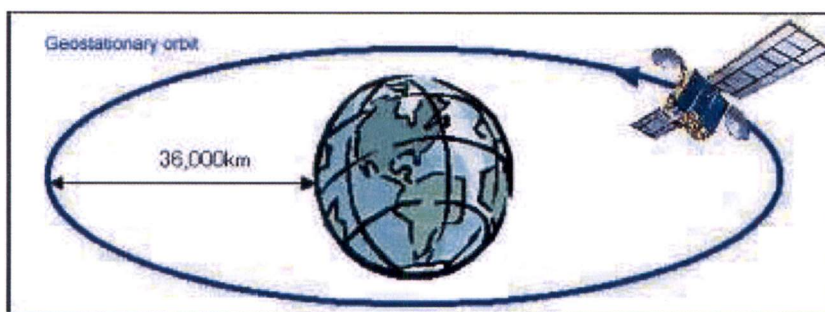
## 2.6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นดาวเทียมที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศโดยใช้หลักการทำงานของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจะคล้ายกับสถานีเรดาร์ตรวจอากาศ แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของตำแหน่งของเครื่องตรวจวัด อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดาวเทียมรับได้จะถูกส่งมายังเครื่องรับที่ภาคพื้นดินเพื่อนำไปประมวลผลและใช้งานได้ทันที เช่นเดียวกัน ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาสามารถตรวจวัดข้อมูลอากาศในที่สูงได้ถึงขั้วขั้ว และในมหาสมุทรได้ ดังนั้นจึงเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับพื้นที่ที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดินและสถานีเรดาร์ตรวจอากาศภาคพื้นดิน ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 2.6.1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิกวงโคจรสูง (High-Orbital Satellite)

มีชื่อเรียกอีกแบบว่า วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite) โคจรรอบโลกใช้เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับโลกหมุนรอบตัวเอง โดยวงโคจรอยู่ในตำแหน่งเส้นศูนย์สูตรของโลกมีความสูงจากพื้นโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 วงโคจรดาวเทียมค้างฟ้า

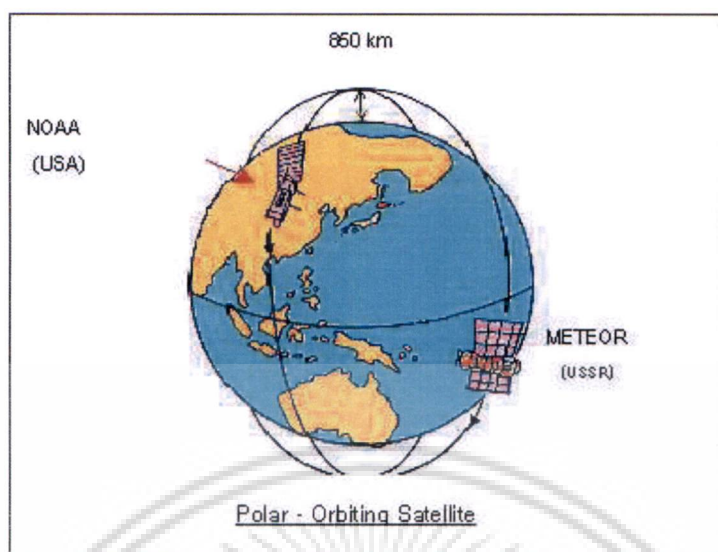
(ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน [สทอภ.])

จากรูปที่ 2.8 อธิบายได้ว่า ดาวเทียมโคจรไปในทางเดียวกับการหมุนของโลก ทำให้ตำแหน่งสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลกในบริเวณเดิมเสมอ ดังนั้นจึงสามารถตรวจสอบสภาพอากาศเหนือพื้นที่หนึ่งของโลกได้อย่างต่อเนื่องที่ความถี่สูง เช่น ทุก 5 นาที หรือ 10 นาที และให้ข้อมูลเชิงพื้นที่จากมุมมองเดียวกัน (Perspective) จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับแก้เมื่อต้องเปรียบเทียบข้อมูลอย่างไรก็ดีเนื่องจากดาวเทียมดังกล่าวอยู่ไกลจากโลกมาก จึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือที่ตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro-magnetic wave) ที่มีความถี่และพลังงานสูง เช่น คลื่นความถี่ที่ตามองเห็น (Visible) หรือ อินฟราเรด (Infrared) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่เพียงพอต่อการใช้งาน และไม่สามารถให้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงมากๆ ได้ ซึ่งความละเอียดโดยทั่วไปของดาวเทียมประเภทนี้ อยู่ที่ประมาณ 1-4 กิโลเมตร นอกจากนี้การที่ดาวเทียมประจำอยู่ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรทำให้ข้อมูลการตรวจวัดพื้นที่ใกล้ขั้วโลกมีการบิดเบี้ยวไปจากปกติและมีความละเอียดต่ำ

#### 2.6.2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาวงโคจรต่ำ (Low-Orbital Satellite)

ดาวเทียมที่วงโคจรต่ำกว่าดาวเทียมชนิดแรกมาก ทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่และมีพลังงานต่ำ เช่น คลื่นไมโครเวฟ ได้ที่ความละเอียดซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน และเมื่อติดตั้งเครื่องรับคลื่นความถี่และมีพลังงานสูง เช่น ความถี่ที่ตามองเห็นและอินฟราเรด จะให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดสูงมากถึงหน่วยเซนติเมตร ดาวเทียมประเภทดังกล่าว มีลักษณะวงโคจรใกล้ขั้วโลก (Polar-Orbit Satellite) โดยจะมีความสูงจากพื้นประมาณ 850-880 กิโลเมตร ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



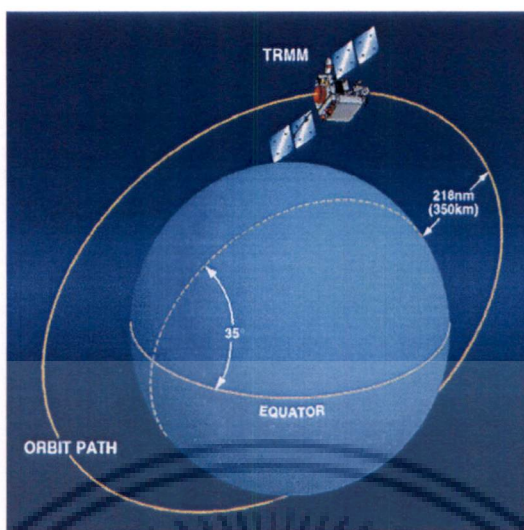
รูปที่ 2.9 วงโคจรดาวเทียมใกล้โลก  
(ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา)

จากรูปที่ 2.9 อธิบายได้ว่า ดาวเทียมโคจรรอบโลกใช้เวลาประมาณ 100 นาที หรือในหนึ่งวัน ดาวเทียมจะเคลื่อนที่ผ่านเส้นศูนย์สูตรในเวลาเดิม (ตามเวลาที่ท้องถิ่น) 2 ครั้ง โดยโคจรเคลื่อนที่จากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้ (Descending) 1 ครั้ง และโคจรเคลื่อนที่จากขั้วโลกใต้ไปยังขั้วโลกเหนือ (Ascending) อีก 1 ครั้ง ข้อมูลภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นแถบของข้อมูลตามแนวการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่พาดผ่าน ตัวอย่างของดาวเทียมประเภทนี้ได้แก่ Defense Meteorological Satellite Program (DMSP), Landsat, Spot และ NOAA Polar-orbiting Operational Environmental Satellite (NPOES) เป็นต้น

## 2.7 การตรวจวัดปริมาณฝนด้วยข้อมูลจาก TRMM

The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรบริเวณมีความสูงจากพื้นโลกประมาณ 830 กิโลเมตรใช้เวลาประมาณ 90 นาที ในการโคจรรอบโลกหนึ่งรอบ และสามารถโคจรได้ประมาณ 16 รอบในหนึ่งวัน ให้รายละเอียดข้อมูล 1x1 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตารางกิโลเมตร ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

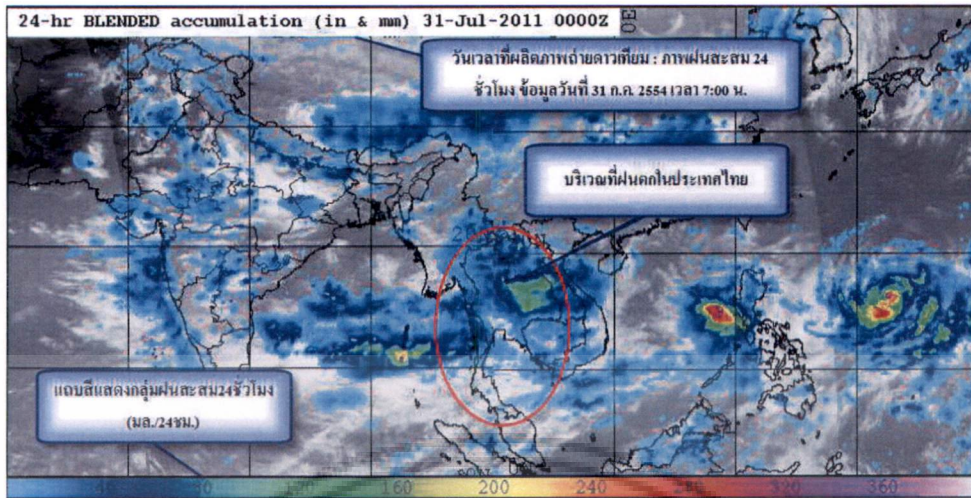


รูปที่ 2.10 วงโคจรดาวเทียมTRMM

(ที่มา : [www.kid.earth.nasa.gov/trmm/ORBIT.GIF](http://www.kid.earth.nasa.gov/trmm/ORBIT.GIF))

ในการศึกษาเกี่ยวกับฝนและสภาพภูมิอากาศในพื้นที่มรสุมเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร สำหรับหัวข้อนี้ได้นำข้อมูลจากสถาบันวิจัยทหารเรืออเมริกา (Naval Research Laboratory) ผ่านการสังเคราะห์โดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร องค์การมหาชน อธิบายได้ว่า ด้านบนของภาพTRMM จะแสดงวันเวลาที่ผลิตภาพ โดยแสดงเป็นเวลาเชิงพิกัด (UTC) เพียงเพิ่มตัวอักษร z โดยไม่เว้นวรรคหลังจากค่าเวลา ซึ่ง Z คือกำหนดเจตเวลาจากเวลาสากลเชิงพิกัดเป็นศูนย์ ([www.th.wikipedia.org/wiki/ISO\\_8601](http://www.th.wikipedia.org/wiki/ISO_8601)) พื้นที่ในวงเส้นสีแดง คือ ข้อมูลปริมาณฝนบริเวณประเทศไทย โดยสามารถแปลภาพได้ด้วยตาเปล่า ในความหมายกว้าง ในพื้นที่วงเส้นสีแดง ว่า ข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายวัน ณ วันที่ 31 มกราคม 2554 เวลา 7:00น. ตรวจพบบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้านบนของประเทศ มีปริมาณฝนสะสมรายวัน มากกว่า 100 แต่ไม่เกิน 160 มิลลิเมตรต่อวัน โดยที่สามารถประมาณปริมาณน้ำฝนสะสมจากแถบสีที่แสดงอยู่ด้านล่างของรูปได้ทันที ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ปริมาณฝนสะสม 24 ชั่วโมงจาก TRMM  
( ที่มา : [www.thaiwater.net/web/index.php/hydroinfo.html](http://www.thaiwater.net/web/index.php/hydroinfo.html) )

## 2.8 การประเมินปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพจากการสังเคราะห์ TRMM

การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพจากการสังเคราะห์ TRMM เพื่อประมาณปริมาณฝนในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบ โดยทำการอ่านค่าแถบสีความสว่างของ TRMM ภาพในบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ โดยมีหน่วยปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันต่อมิลลิเมตร ซึ่งแถบสีที่กำหนดบนภาพ TRMM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แถบสีกำหนดปริมาณฝนสะสมบนภาพ TRMM

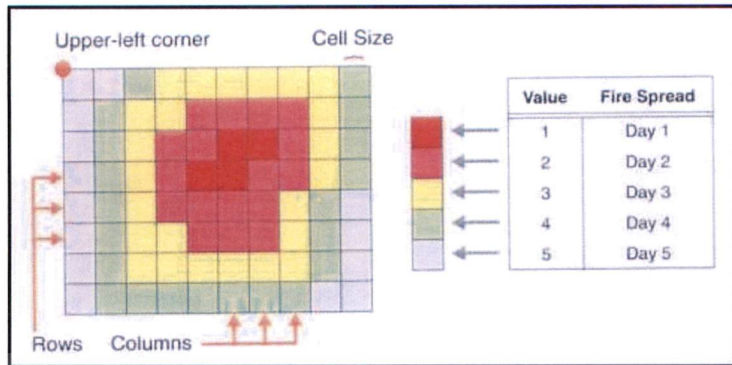
## 2.9 คุณลักษณะของข้อมูลดาวเทียม

ภาพ หมายถึง รูปภาพเชิงตัวเลข (digital picture) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นตัวแทนเชิงตัวเลขของพื้นผิวโลก ข้อมูลภาพถูกเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลบนสื่อ เช่น บนเทปแม่เหล็ก ในแผ่นดิสก์ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยตัวเลขเท่านั้น

### 2.9.1 ข้อมูลแบบราสเตอร์ (Raster) ของภาพดาวเทียม

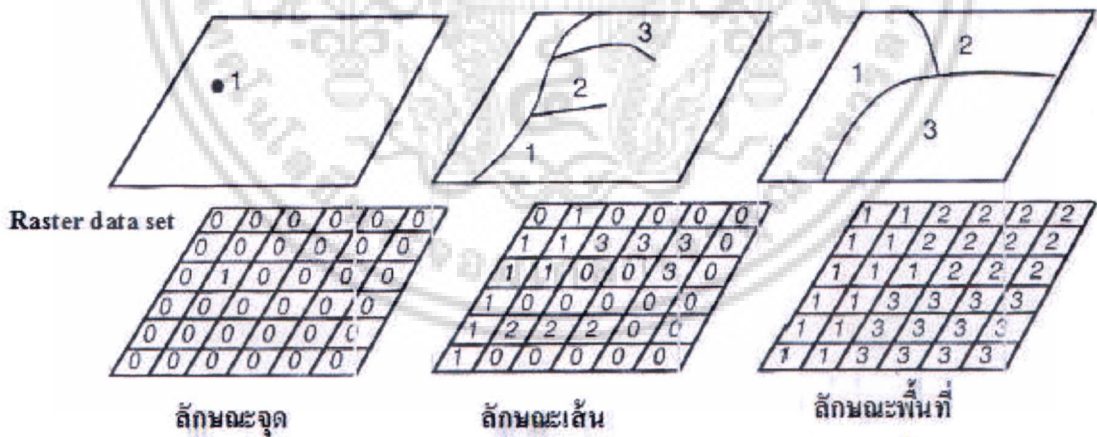
ข้อมูลเป็นลักษณะตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กๆ (Grid or Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ขนาดของตารางกริดหรือความละเอียด (Resolution) ในการเก็บข้อมูลจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งจำนวนแถว และจำนวนคอลัมน์ ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารฉบับนี้ไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.13** ข้อมูลแบบราสเตอร์ของภาพดาวเทียม  
(ที่มา : Environmental System Research Institute [esri])

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เป็นรูปแบบตัวเลขที่จัดเก็บในรูปกริด หรือตารางของตัวเลขที่มีจุดอ้างอิงตามแนวนอนและแนวตั้ง แต่ละส่วนประกอบเรียกว่า จุดภาพ ซึ่งคือ ส่วนที่เล็กที่สุดของภาพ (พื้นที่ที่ถูกสแกน) ที่มีค่าหนึ่ง เนื่องจากพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้ของแต่ละจุดภาพถูกแปลงให้อยู่ในรูปของค่าตัวเลข จึงเรียกภาพที่แสดงข้อมูลเชิงตัวเลขว่า ภาพเชิงตัวเลข ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเชิงตัวเลข ดังรูปที่ 2.14



**รูปที่ 2.14** โครงสร้างข้อมูลเซลล์ที่ประกอบด้วยแถวและคอลัมน์ หรือแบบกริดในลักษณะต่างๆ  
(ที่มา : Environmental System Research Institute [esri])

2.9.2 ลักษณะข้อมูลภาพถ่าย TRMM

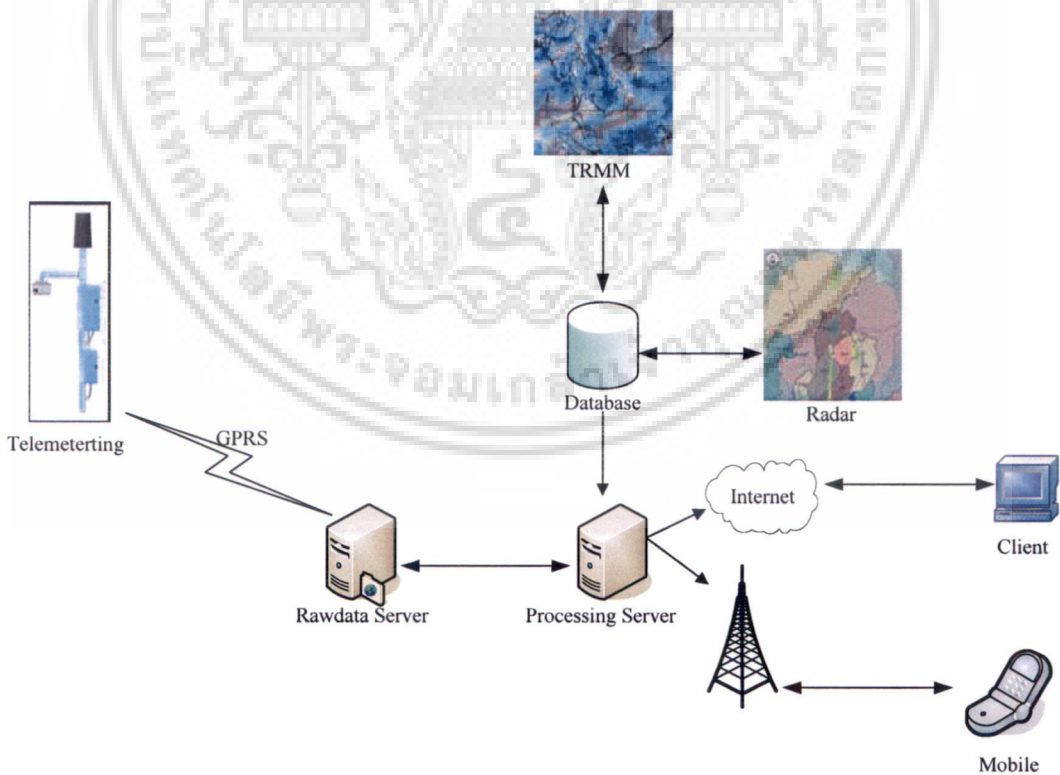
ภาพจากดาวเทียม TRMM ที่บันทึกด้วยระบบกล้องหลายช่วงคลื่น มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากกล้องถ่ายภาพธรรมดา ดังนี้ เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลเชิงเลข ที่มีความละเอียดของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นแสง เป็นระดับความเข้มสีเทา จำนวน 256 ระดับ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่มีปริมาณมากเหล่านี้ไปผลิตเป็นภาพขาวดำและสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น และยังสามารถนำไปบูรณาการในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้สะดวกและมีประสิทธิภาพ
- ข้อมูลที่บันทึกสามารถส่งมายังสถานีรับภาคพื้นดินได้ทันที (Real time) ทำให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย
- การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synoptic View) ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่งครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาบันทึกภาพสั้นๆซึ่งจะช่วยให้สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณกว้างต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ
- การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้องที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทำให้แยกวัตถุต่างบนพื้นโลกได้อย่างชัดเจน
- การบันทึกภาพซ้ำบริเวณเดิม (Repetitive coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ (Polar orbit) และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงเวลาที่แน่นอน สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆบนพื้นผิวโลกได้เป็นอย่างดี
- ภาพจากดาวเทียมให้ความละเอียดหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆตามวัตถุประสงค์

## การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

### 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบปัจจุบัน

ขั้นตอนการทำงานของระบบข้อมูลฝนโทรมาตรในปัจจุบัน เมื่อได้มีการติดตั้งระบบโทรมาตร (Telemetry) เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จะถูกส่งข้อมูลเก็บไว้ในรูปแบบ text file มายัง เซิร์ฟเวอร์ข้อมูลดิบ (Rawdata Server) จากนั้นระบบจะคำนวณข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เก็บไว้ โดยใช้ชุดคำสั่งที่เขียนด้วยภาษาเขียนโปรแกรม พร้อมทั้งกรองค่าความผิดพลาดข้อมูลปริมาณน้ำฝน ด้วยค่าความความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ และค่าสถิติปริมาณฝนของแต่ละพื้นที่เก็บไว้ที่ เซิร์ฟเวอร์ประมวลผล(Processing Server) เพื่อนำเสนอผ่านทางเว็บไซต์สถาบัน โดยได้มีการดึงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมTRMM และภาพเรดาร์ตรวจอากาศจากแหล่งข้อมูลอื่นมาเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ประกอบสถานภาพของประเทศไทย แต่ข้อมูลภาพดังกล่าวมิได้นำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปัจจุบันที่ใช้ คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงจากระบบโทรมาตรจะมีการส่งข้อมูล โดยผ่านทาง GPRS (General Packet Radio Service ) เชื่อมโยงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วย สัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ข้อมูลดิบ (Rawdata Server) ก่อนประมวลผล จากการกรองด้วยค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์และสถิติปริมาณฝนของแต่ละพื้นที่ จากนั้นจึงมีการบันทึกไว้ที่ เซิร์ฟเวอร์ประมวลผล(Processing Server) เพื่อนำเสนอข้อมูลปริมาณให้กับผู้ใช้ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเป็นข้อมูลที่น่าไปใช้ประโยชน์สำหรับงานวิจัยอื่นๆ เช่น การพยากรณ์ฝน การบริหารจัดการน้ำ เป็นต้น จากภาพจะเห็นได้ว่าการเก็บข้อมูลภาพประกอบ สถานการณ์น้ำปัจจุบัน นำเสนอข้อมูลภาพสังเคราะห์ผ่านทางเว็บไซต์สถาบัน โดยให้ผู้ใช้เข้ามาดู ภาพประกอบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนโทรมาตร ด้วยสายตาตนเอง มิได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพิ่มเติม เมื่อเกิดฝนตกหนัก สถานีโทรมาตรที่ส่งข้อมูลมาที่เซิร์ฟเวอร์ข้อมูลดิบ (Rawdata Server) อาจเกิด ปัญหาสัญญาณขัดข้องในบางช่วงทำให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงสูญหายได้ รวมทั้งปัญหาที่เกิดจากการอุดตันของกระบอกน้ำฝนทำให้ข้อมูลที่ได้รับ ไม่ตรงกับค่าที่ได้จริง และเมื่อเกิดข้อมูล ปริมาณน้ำฝนผิดปกติ เจ้าหน้าที่โทรมาตร (Admin) ไม่สามารถรับทราบได้ทันที ทำให้ข้อมูล ปริมาณน้ำฝนที่นำมาเผยแพร่เกิดความผิดพลาด ทำให้ผู้ใช้ไม่มั่นใจและขาดความน่าเชื่อถือใน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนโทรมาตรเมื่อเข้ามาดูข้อมูลประกอบความสอดคล้องของข้อมูล

### 3.2 ปัญหาที่พบในระบบปัจจุบัน

จากการศึกษาการทำงานของระบบปัจจุบัน ทำให้พบปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนี้

- 3.2.1 ความล่าช้าในการแก้ไขระบบโทรมาตรเมื่อสัญญาณขัดข้อง
- 3.2.2 เจ้าหน้าที่โทรมาตรมีภาระหน้าที่ต้องตรวจสอบข้อมูลด้วยตนเองหรือไม่สามารถ ทราบได้ทันทีเมื่อมีการส่งข้อมูลผิดพลาด
- 3.2.3 การกรองข้อมูลปริมาณฝนก่อนการบันทึกลงฐานข้อมูลขาดประสิทธิภาพ ทำให้ ข้อมูลขาดความน่าเชื่อถือ
- 3.2.4 ไม่มีการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมTRMM กับข้อมูลภาพเรดาร์ มาวิเคราะห์ให้ สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากโทรมาตร

### 3.3 ความต้องการของระบบใหม่

จากการศึกษาการทำงานของระบบงานปัจจุบัน และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ทำให้กำหนด ความต้องการของระบบใหม่ได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลัก (Functional Requirement)

- ระบบสามารถแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่โทรมาตรทาง E-mail เมื่อพบว่า โทรมาตรหยุดทำงาน หรือ เกิดความผิดปกติในการส่งข้อมูลฝน
- ระบบสามารถเปรียบเทียบข้อมูลการวัดฝนจากโทรมาตรด้วยภาพเรดาร์ตรวจอากาศ เพื่อ ช่วยกรองข้อมูลปริมาณน้ำฝนของโทรมาตรด้วยค่าทางวิทยาศาสตร์ได้
- ระบบเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM เพื่อบูรณาข้อมูลที่สามารถใช้ได้
- ระบบสามารถรายงานสถานการณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้
- ระบบสามารถเตือนภัยฝน ไปยังผู้เกี่ยวข้องได้

### 3.3.2 ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่หลัก (Non-functional Requirement)

- ระบบต้องสามารถกู้คืนได้ในสภาวะที่มีความผิดพลาด
- ระบบต้องใช้งานได้ง่าย รองรับการใช้งานทุกระบบปฏิบัติการ
- ระบบต้องประเมินค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและภาพเรดาร์ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง
- ระบบต้องมีส่วนติดต่อที่ง่ายต่อผู้ใช้งาน

## 3.4 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานระบบงานใหม่

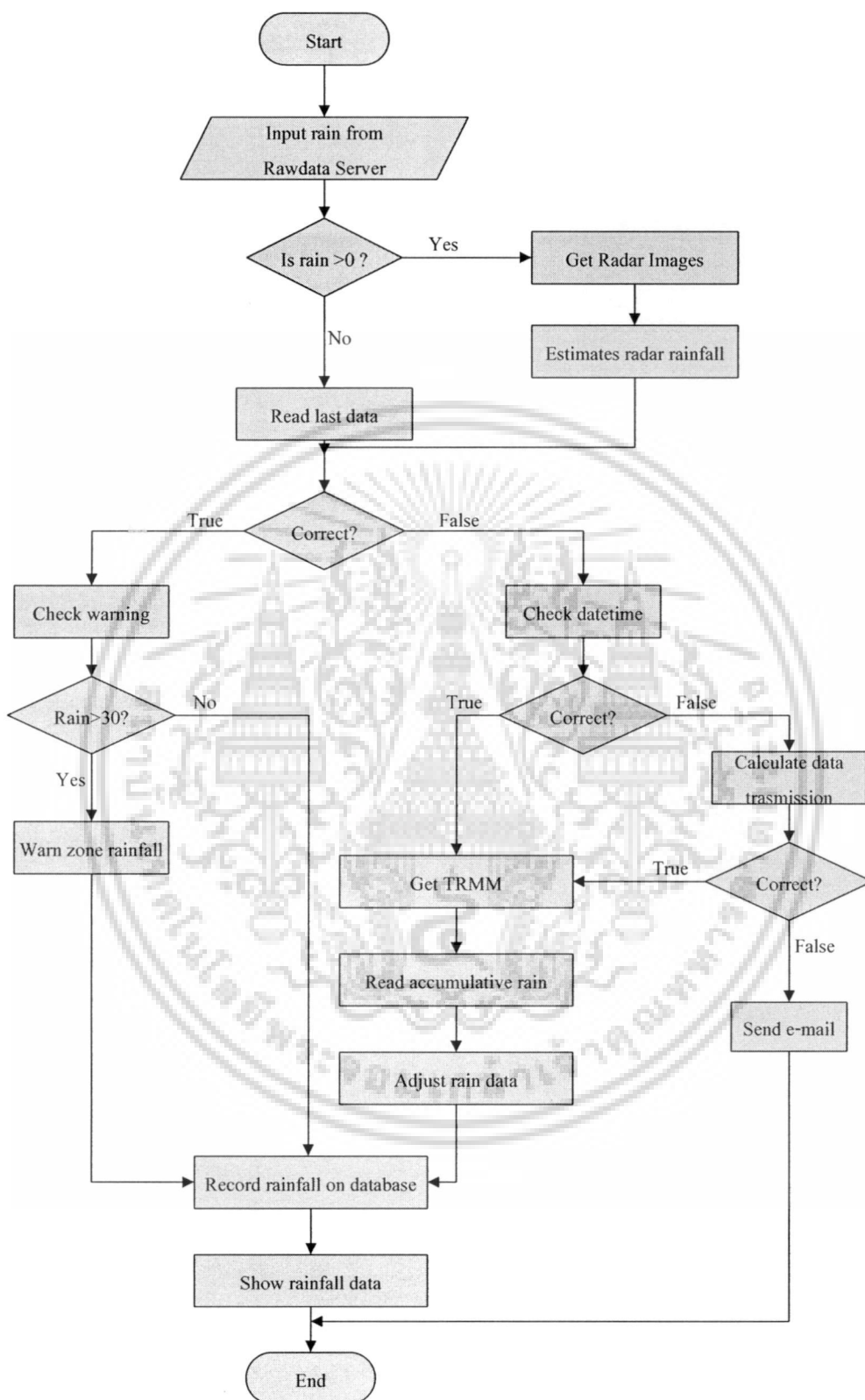
เรดาร์ตรวจอากาศและข้อมูลภาพ TRMM เป็นการนำภาพที่ตรวจวัดได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมแล้วนำประมวลผลข้อมูลแปลงเป็นค่าประเมินปริมาณฝนเพื่อนำมาตรวจสอบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรที่วัดจากพื้นดิน ก่อนที่จะมีการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรไปใช้เพื่องานต่างๆ ซึ่งการทำงานจะมี Flowchart ดังรูปที่ 3.2

ขั้นตอนการทำงานของระบบงานใหม่ มีดังนี้

1. ตรวจสอบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ส่งจากระบบโทรมาตร ว่ามีข้อมูลส่งมาที่เซิร์ฟเวอร์ข้อมูลดิบ (Rawdata Server) หรือไม่ โดยจะทำการตรวจสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง
2. หากข้อมูลเป็น 0 หมายถึง ฝนไม่ตก ระบบจะจบการทำงานเพื่อรอการตรวจสอบครั้งถัดไป แต่ถ้าค่าปริมาณฝนส่งมีค่ามากกว่า 0 ขึ้นไป หมายถึง ฝนตก ระบบจะทำการประมวลภาพเรดาร์จากฐานข้อมูล
3. ระบบจะทำการคำนวณประมาณปริมาณฝนสะสมรายชั่วโมงจากภาพเรดาร์ เพื่อตรวจสอบพื้นที่ที่ครอบคลุมการเกิดฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นระบบจะทำการเทียบจุดที่ติดตั้งของสถานีโทรมาตรอยู่ในพื้นที่ที่ครอบคลุมการเกิดฝน ในรัศมีที่เรดาร์สแกนพบกลุ่มฝนหรือไม่ เพื่อตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีโทรมาตรว่าเกิดฝนตกจริงหรือไม่
5. ระบบประมวลประมาณปริมาณฝนรายชั่วโมงครอบคลุมพื้นที่ที่เกิดฝนจากภาพเรดาร์ เมื่อพบข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ส่งจากระบบโทรมาตรมีความผิดปกติหรือข้อมูลขาดหายต่อเนื่องมากกว่า 2 ครั้งระบบจะทำการส่ง e-mail แจ้งไปยังเจ้าหน้าที่โทรมาตร พร้อมทั้งประมวลผลปริมาณฝนสะสมจาก TRMM เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของข้อมูล ซึ่งถ้าพบช่วงเวลาที่ขาดหาย ระบบจะทำการเติมข้อมูลเพื่อความสอดคล้องของข้อมูล ก่อนบันทึกหลักฐานข้อมูล
6. ระบบประมวลประมาณปริมาณฝนรายชั่วโมงครอบคลุมพื้นที่ที่เกิดฝนจากภาพเรดาร์ แล้วข้อมูลถูกต้อง หากปริมาณฝนรายชั่วโมงที่วัดได้มากกว่า 30 มิลลิเมตร ระบบจะทำการเตือนพื้นที่ที่เสี่ยงน้ำท่วมจากปริมาณฝนที่ตกจริง หรือ ข้อมูลถูกต้องแต่ปริมาณฝนรายชั่วโมงที่วัดได้น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงลงฐานข้อมูล
7. จบการทำงานของระบบ โดยจะทำการรอทำงานในรอบถัดไป

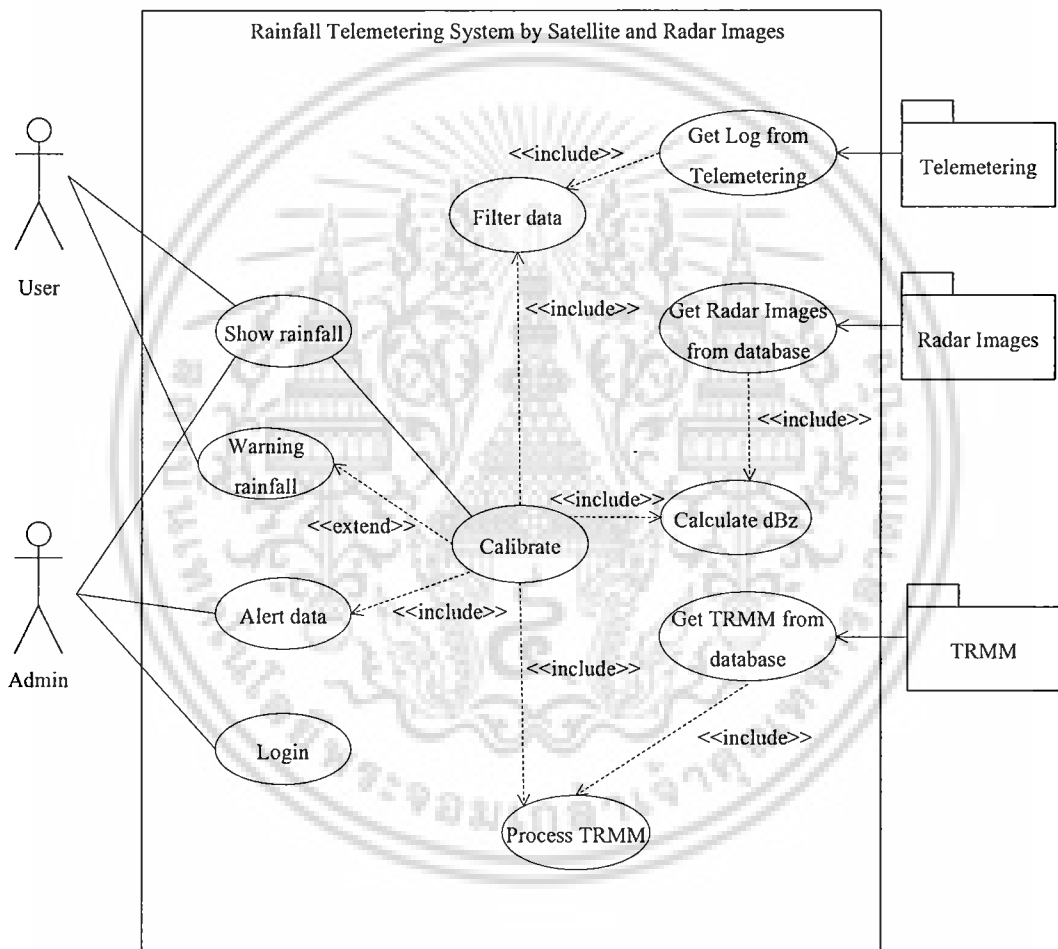


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ยูสเคสไดอะแกรม

ยูสเคสไดอะแกรมเป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของระบบ ทำให้ทราบถึงความสามารถการทำงานของระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบที่พัฒนา โดยยูสเคสไดอะแกรมของระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และภาพเรดาร์ที่ได้ทำการวิเคราะห์ออกแบบ ประกอบด้วย 11 ยูสเคส ดังรูปที่ 3.3 โดยมีรายละเอียดคำอธิบายตามตารางที่ 3.1 ถึง ตารางที่ 3.13 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 แผนภาพยูสเคส (Usecase diagram)

จากแผนภาพดังรูปที่ 3.3 ระบบมีองค์ประกอบดังนี้

3.5.1 Actors แสดงถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ ประกอบด้วย

- Admin เจ้าหน้าที่โทรมาตรหรือผู้ดูแลระบบ
- User ผู้ใช้งานทั่วไปที่ต้องการเข้าสู่ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Telemetering ส่วนที่รับข้อมูลลือกจากโทรมาตร ม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Radar Images ส่วนที่รับข้อมูลภาพเรดาร์จากฐานข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลต่อไป

- TRMM ส่วนที่รับข้อมูลสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม

3.5.2 Usecase แสดงถึงกระบวนการในการทำงานหลักภายในระบบ โดยมีการทำงานต่างๆ ดังนี้

- Get Log from Telemetry กระบวนการรับล็อกไฟล์ที่ถูกส่งมาจากโทรมาตรมาทำการแปลงค่าข้อมูลแล้วจัดเก็บแบบ text file

- Get Radar Images from database กระบวนการรับข้อมูลภาพเรดาร์ตรวจอากาศจากฐานข้อมูล

- Get TRMM from database กระบวนการรับข้อมูลภาพดาวเทียม TRMM จากฐานข้อมูล

- Filter data กระบวนการกรองข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้รับจากโทรมาตรด้วยค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์และค่าสถิติฝนสูงสุด

- Calibrate data กระบวนการตรวจสอบค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงด้วยภาพเรดาร์และปริมาณฝนสะสมรายวันด้วยข้อมูลสังเคราะห์จากภาพถ่าย TRMM

- Calculate dBZ กระบวนการแปลงค่าความเข้มของฝนด้วยภาพเรดาร์เป็นแนวโน้มในการเกิดอัตราฝน

- Process TRMM กระบวนการนำข้อมูลภาพสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM มาประมวลเป็นปริมาณฝนสะสมรายวัน

- Show rainfall กระบวนการแสดงรายละเอียดของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

- Alert data กระบวนการส่ง e-mail แจ้งข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงที่ตรวจสอบข้อมูลพื้นที่ครอบคลุมการเกิดฝนรายชั่วโมงจากภาพเรดาร์มีความผิดปกติต่อเนื่อง 3 ครั้ง ไปยังเจ้าหน้าที่โทรมาตร

- Warning rainfall กระบวนการเตือนปริมาณน้ำฝนสำหรับพื้นที่ที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดอุทกภัยจากฝนที่ตกหนัก

- Login เป็นกระบวนการตรวจสอบสิทธิในการเข้าใช้งานของระบบเพื่อที่จะทำการปรับปรุงข้อมูล ซึ่งสิทธิในการเข้าแก้ไขนี้จะอนุญาตให้เพียงเจ้าหน้าที่โทรมาตรเท่านั้น

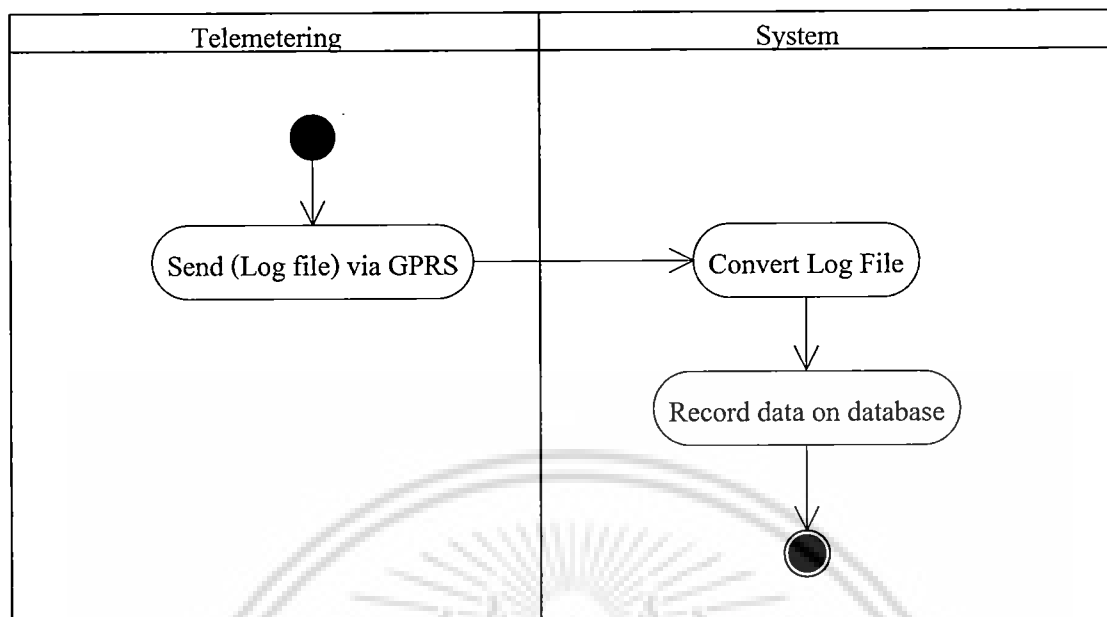
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 คำอธิบายยูสเคส Get Log from Telemetry

Use Case Name	Get Log from Telemetry	
Brief Description	ระบบได้รับล็อกไฟล์จากโทรมาตร ทำการแปลงค่าข้อมูลและบันทึก text file ข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยมีการแยกเก็บไฟล์ของแต่ละสถานีเพื่อสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลของระบบ	
Actors	Telemetry	
Related Use Case	ไม่มี	
Preconditions	Text file ข้อมูลฝนถูกส่งเข้าในระบบ	
Post conditions	ข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนตามเวลาที่ส่งข้อมูล	
Triggering Event	ระบบได้รับล็อกไฟล์จากโทรมาตร	
Flow of Activities	Telemetry	System
	1. ส่งข้อมูลผ่านทางสัญญาณ GPRS เข้าสู่ระบบ	2. ระบบแปลงค่าข้อมูลเป็นค่าปริมาณน้ำฝน 3. ระบบเก็บค่าปริมาณน้ำฝนลงฐานข้อมูล
Exception Conditions	ไม่มี	

จากยูสเคส Get Log from telemetry ที่ได้อธิบายขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.1 นั้น สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทวิตีไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

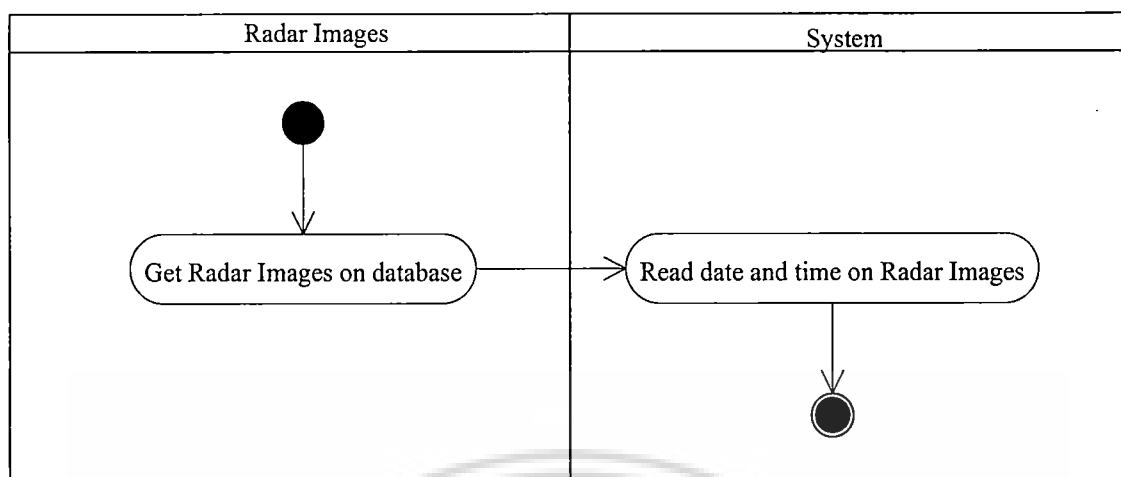


รูปที่ 3.4 แยกที่วิดิโคอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Get Log from telemetering

ตารางที่ 3.2 คำอธิบายยูสเคส Get Radar Images from database

Use Case Name	Get Radar Images from database	
Brief Description	ได้รับข้อมูลภาพเรดาร์ตรวจอากาศเพื่อเก็บลงฐานข้อมูล	
Actors	Radar Images	
Related Use Case	ไม่มี	
Preconditions	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรต้องผ่านการกรองข้อมูลแล้วมีค่ามากกว่า 0 มิลลิเมตร	
Post conditions	ภาพเรดาร์	
Triggering Event	ระบบได้รับค่าปริมาณน้ำฝนที่มากกว่า 0 มิลลิเมตร	
Flow of Activities	Radar Images	System
	1.เปิดข้อมูลภาพเรดาร์จากฐานข้อมูล	1.ระบบทำการอ่านค่าวันที่และเวลาของภาพเรดาร์
Exception Conditions	ไม่มี	

จากยูสเคส Get Radar Images from database ที่ได้อธิบายขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.2 นั้นสามารถอธิบายการทำงานโดยรวม เพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยแยกที่วิดิโคอะแกรม ดังรูปที่ เอกส.5นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



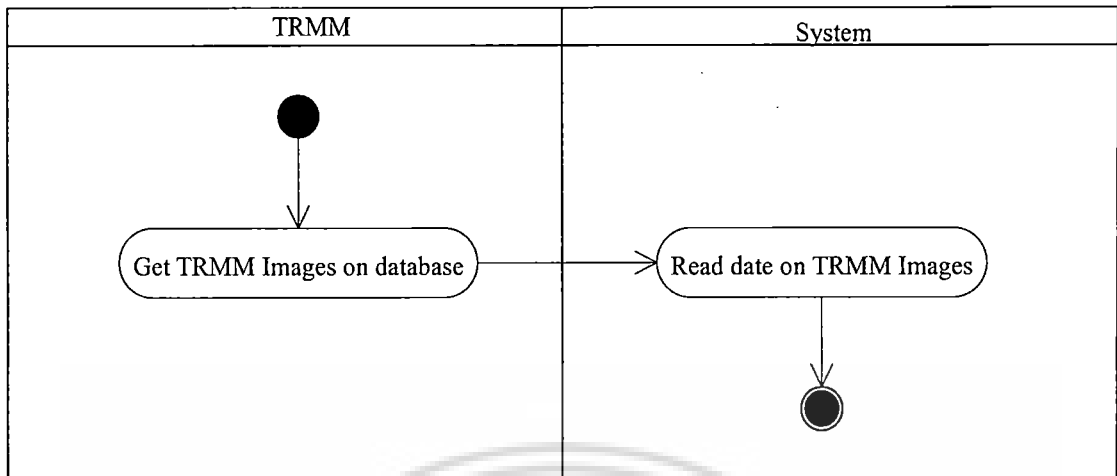
รูปที่ 3.5 แอททิวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Get Radar Images from database

ตารางที่ 3.3 คำอธิบายยูสเคส Get TRMM from database

Use Case Name	Get TRMM from database	
Brief Description	ได้รับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM	
Actors	TRMM	
Related Use Case	ไม่มี	
Preconditions	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันจากโทรมาตร มีค่ามากกว่า 0 มิลลิเมตร	
Post conditions	ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม	
Triggering Event	ระบบได้รับค่าปริมาณฝนสะสมรายวัน	
Flow of Activities	TRMM	System
	1.เปิดข้อมูลสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM ที่ฐานข้อมูล	1.1ระบบทำการอ่านค่าวันที่ของภาพ TRMM
Exception Conditions	ไม่มี	

จากยูสเคส Get TRMM from database ที่ได้อธิบายขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.3 สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยแอททิวิตีไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



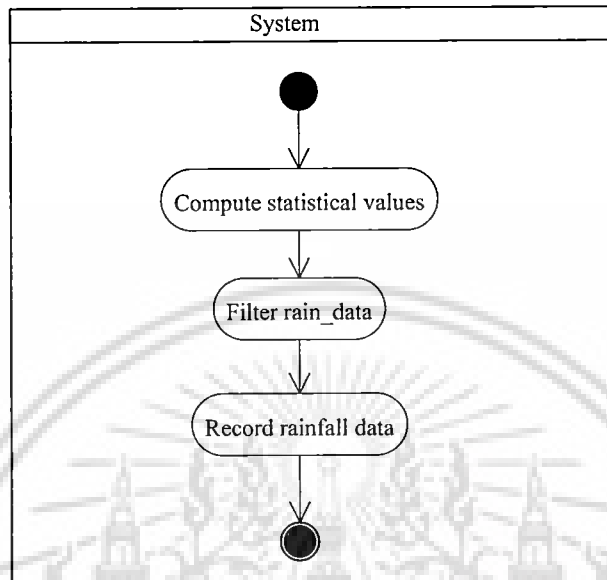
รูปที่ 3.6 แยกที่วิธีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Get TRMM from database

ตารางที่ 3.4 คำอธิบายยูสเคส Filter data

Use Case Name	Filter data	
Brief Description	กรองข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้รับจากโทรมาตร	
Actors	ไม่มี	
Related Use Case	Get Log from Telemetry , Calibrate	
Preconditions	ระบบได้รับข้อมูลล็อกไฟล์จากโทรมาตร	
Post conditions	ระบบกรองค่าปริมาณน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์และสถิติฝนของแต่ละพื้นที่แล้ว	
Triggering Event	ระบบต้องได้รับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตร	
Flow of Activities	Actor	System
		1.ระบบคำนวณค่าสถิติและค่าความคลาดเคลื่อนข้อมูลฝนที่นำมากรอง 2.ระบบกรองข้อมูลปริมาณน้ำฝน 3.ระบบบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ผ่านเกณฑ์กรองแล้ว
Exception Conditions	1.1 หากไม่มีข้อมูลให้แสดงเป็น -99 1.2 หากข้อมูลผิดพลาดไม่ผ่านเกณฑ์กรองให้แสดงข้อมูลเป็น 999999	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากยูสเคส Filter data ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.4 นั้น สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทวิตีไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เอกทวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Filter data

ตารางที่ 3.5 คำอธิบายยูสเคส Calibrate

Use Case Name	Calibrate
Brief Description	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงที่ผ่านเกณฑ์กรองแล้วมีค่ามากกว่า 0 มิลลิเมตร จะทำการยืนยันข้อมูลด้วยภาพเรดาร์ เพื่อตรวจสอบพื้นที่ที่ครอบคลุมในการเกิดฝน และตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลปริมาณฝนสะสมด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม
Actors	ไม่มี
Related Use Case	Filter data ,Calculate dBZ ,Process TRMM ,Show rainfall ,Warning rainfall ,Alert data
Preconditions	1.ต้องผ่านเกณฑ์กรองข้อมูลปริมาณน้ำฝนของระบบแล้ว 2.ต้องมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากกว่า 0 มิลลิเมตรขึ้นไป
Post conditions	แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว
Triggering Event	ระบบได้รับค่าปริมาณฝนรายชั่วโมงที่ผ่านเกณฑ์กรองแล้วมีค่ามากกว่า 0 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.5 (ต่อ)

Flow of Activities	Actor	System
		<p>1.อ่านข้อมูลที่ผ่านมาเกณฑ์กรองแล้ว</p> <p>2.เลือกข้อมูลปริมาณน้ำรายชั่วโมงมากกว่า 0 มิลลิเมตร</p> <p>2.1นำพิกัดสถานีโทรมาตรแสดงบนภาพเรดาร์</p> <p>2.2อ่านค่าประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงสถานีโทรมาตรที่แสดงบนพิกเซลภาพเรดาร์</p> <p>2.3เทียบค่าปริมาณฝนรายชั่วโมงจากโทรมาตรกับค่าประมาณปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลภาพเรดาร์</p> <p>2.3aข้อมูลถูกต้อง ระบบบันทึกฝนรายชั่วโมงลงฐานข้อมูล</p> <p>2.3bข้อมูลผิดปกติ ระบบยกเลิกข้อมูล</p> <p>3.เลือกข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายวันมากกว่า 1 มิลลิเมตร</p> <p>3.1อ่านข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันสะสมจากข้อมูลภาพสังเคราะห์ปริมาณฝนสะสม TRMM</p> <p>3.2ตรวจสอบข้อมูลฝนสะสมรายวันจากปริมาณการส่งข้อมูลรายชั่วโมงครบทั้ง 24 ครั้งหรือไม่ โดยคำนวณจากเวลาในการส่งข้อมูลรายชั่วโมง</p> <p>3.2aถ้าจำนวนการส่งไม่ครบ ระบบจะยกเลิกข้อมูล แล้วรอตรวจสอบในขั้นต่อไป</p>

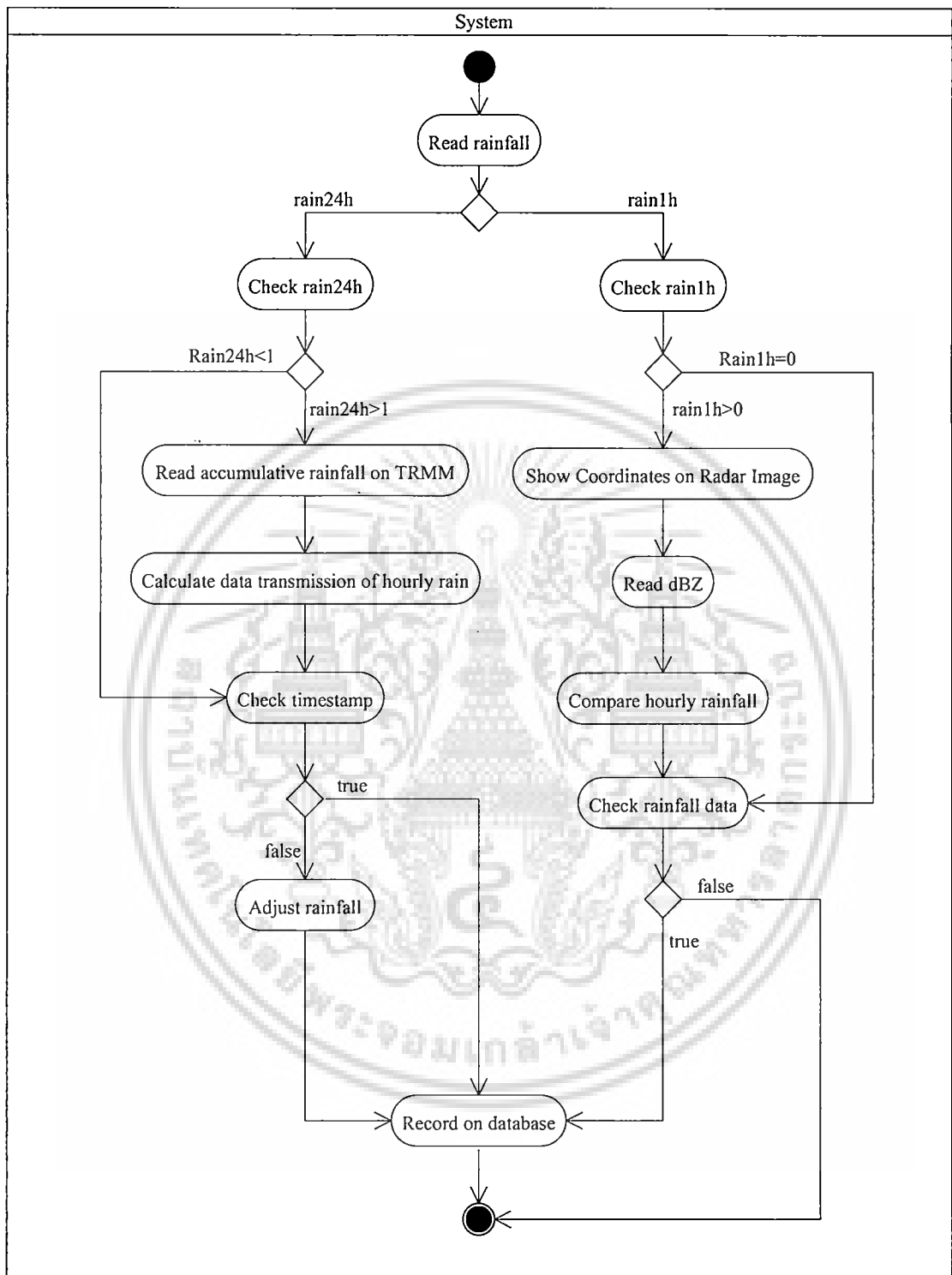
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

Flow of Activities	Actor	System
		3.2b ถ้าจำนวนการส่งครบ ระบบจะ รอดตรวจสอบในขั้นต่อไป 4. ตรวจสอบความสอดคล้องของ ข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายวันกับ ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม 4.1 ข้อมูลสอดคล้อง ระบบนำค่า ปริมาณฝนสะสมรายวันของโทร มาตรแล้วบันทึกลงฐานข้อมูล 4.2 ถ้าข้อมูลไม่สอดคล้อง ระบบนำค ปริมาณฝนสะสมรายวันข้อมูล จากภาพถ่ายดาวเทียมแทนก่อน บันทึกลงฐานข้อมูล
Exception Conditions	2.1 หากไม่มีภาพเรดาร์ ระบบจะขึ้นว่า “สัญญาณภาพเรดาร์ขัดข้อง” 3.1 หากไม่มีข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ระบบจะขึ้นว่า “ข้อมูลภาพฝน สะสมขัดข้อง”	

จากยูสเคส Calibrate ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.5 นั้น สามารถอธิบาย  
 การทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทิวทัศน์ไดอะแกรม ดังแสดงรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แยกทีวืโคะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Calibrate

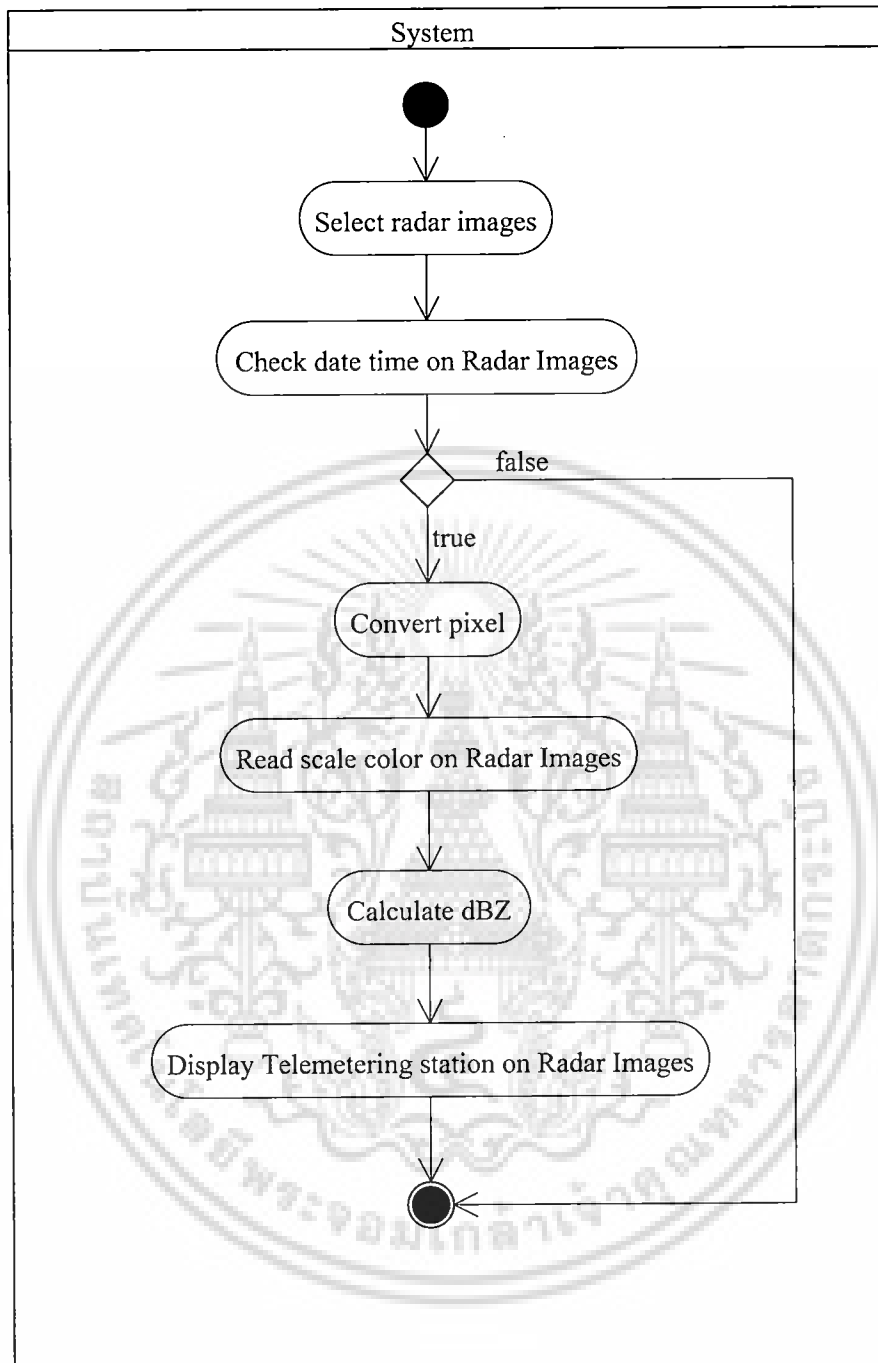
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 คำอธิบายยูสเคส Calculate dBz

Use Case Name	Calculate dBz	
Brief Description	คำนวณค่าปริมาณฝนจาก Radar Images	
Actors	ไม่มี	
Related Use Case	Get Radar Images from database ,Calibrate	
Preconditions	ต้องมีข้อมูลภาพเรดาร์ตรวจอากาศอยู่ในฐานข้อมูลแล้ว	
Post conditions	ระบบคำนวณประมาณปริมาณฝนจากเรดาร์ตรวจอากาศแล้วได้ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่นั้นๆ	
Triggering Event	เมื่อข้อมูลปริมาณน้ำฝนโทรมาตรผ่านกรองแล้วมีปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงมากกว่า 0 มิลลิเมตร	
Flow of Activities	Radar Images	System
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.อ่านช่วงเวลาที่แสดงบนเรดาร์</li> <li>2.แปลงค่าพิกเซลที่แสดงบนภาพเรดาร์ให้ตรงกับพิกัดของสถานีโทรมาตร</li> <li>3.อ่านสเกลสีที่แสดงบนภาพเรดาร์</li> <li>4.แปลงค่าสีที่อ่านได้เป็นค่าแนวโน้มความเข้มอัตราการเกิดฝน (dBZ)</li> <li>5.ระบบแสดงพิกัดของสถานีโทรมาตรบนภาพเรดาร์</li> </ol>
Exception Conditions	1.หากไม่มีภาพเรดาร์ตามทีเลือกวันเวลาที่ต้องการ ระบบจะขึ้นว่า “สัญญาณเรดาร์ขัดข้อง”	

จากยูสเคส Calculate dBZ ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.6 นั้น สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทิวทัศน์ไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แยกที่วิถีโคจรแอมแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Calculate dBZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 คำอธิบายยูสเคส Process TRMM

Use Case Name	Process TRMM	
Brief Description	ปริมาณฝนสะสม 24 ชั่วโมงจากดาวเทียม TRMM	
Actors	ไม่มี	
Related Use Case	Get TRMM from database ,Calibrate	
Preconditions	ต้องเก็บข้อมูลภาพดาวเทียม TRMM ลงฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว	
Post conditions	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันจากการสังเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม TRMM	
Triggering Event	ระบบได้รับค่าปริมาณฝนสะสมรายวันจากโทรมาตรที่ผ่านเกณฑ์กรองแล้วได้ค่าฝนสะสมรายวันมากกว่า 1 มิลลิเมตร	
Flow of Activities	TRMM	System
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.ตรวจสอบชื่อไฟล์ภาพตรงกับวันที่ต้องการตรวจสอบหรือไม่</li> <li>2.แปลงค่าพิกัดโทรมาตรที่ต้องการตรวจสอบเป็นพิกเซลบนภาพ TRMM</li> <li>3.อ่านค่าปริมาณฝนสะสมรายวันจากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM</li> <li>4.ตรวจสอบเวลาในการส่งข้อมูลฝนสะสมรายวัน โดยคำนวณจากการส่งข้อมูลฝนรายวัน <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1จำนวนข้อมูลการส่งไม่ครบ แต่ข้อมูลสอดคล้องกับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ระบบแสดงค่าปริมาณฝนสะสมรายวันของโทรมาตร</li> <li>4.2จำนวนข้อมูลการส่งไม่ครบ ข้อมูลไม่สอดคล้องกับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ระบบนำค่าปริมาณฝนสะสมรายวันของ TRMM แทน</li> </ol> </li> </ol>

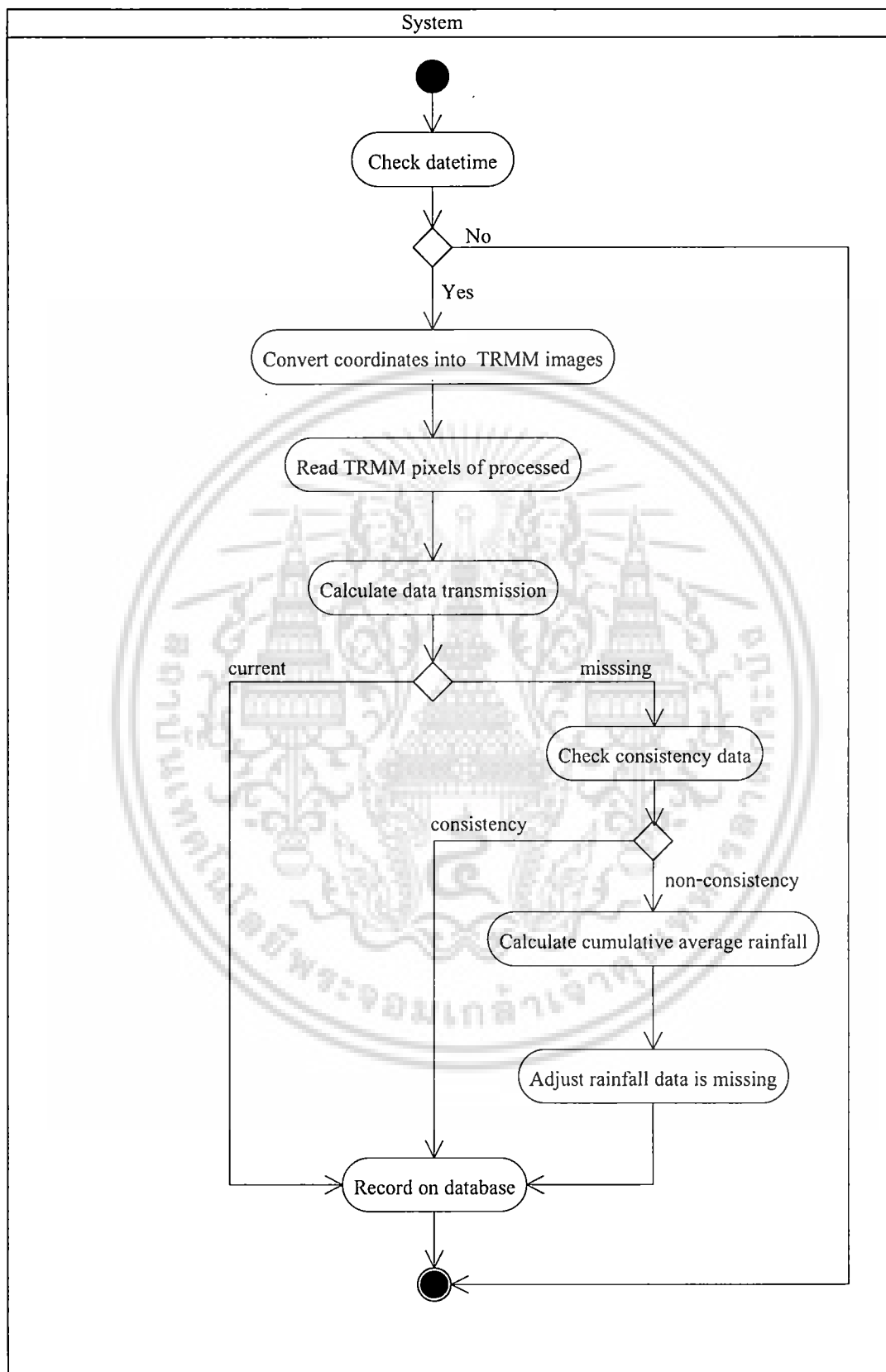
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

		<p>4.2a เลือกช่วงเวลาที่เขาต้องการส่งข้อมูล ปริมาณฝนสะสมรายวัน</p> <p>4.2b คำนวณค่าปริมาณฝนเฉลี่ยราย ชั่วโมงจาก TRMM</p> <p>4.2c ปรับค่าปริมาณฝนรายชั่วโมงที่ ขาดหาย</p> <p>4.2d บันทึกค่าที่ปรับลงฐานข้อมูล</p> <p>4.3 จำนวนข้อมูลการส่งครบ บันทึก ข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายวัน ของไตรมาส</p>
Exception Conditions	<p>1. หากไม่มีข้อมูล TRMM ในฐานข้อมูลจะไม่สามารถอ่านค่าได้ ระบบจะ ขึ้นว่า “ไม่มีข้อมูลภาพดาวเทียม”</p>	

จากยูสเคส Process TRMM ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.7 นั้น สามารถ อธิบายการทำงานโดยรวม เพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทวิติโดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แยกที่วิดีโออะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Process TRMM

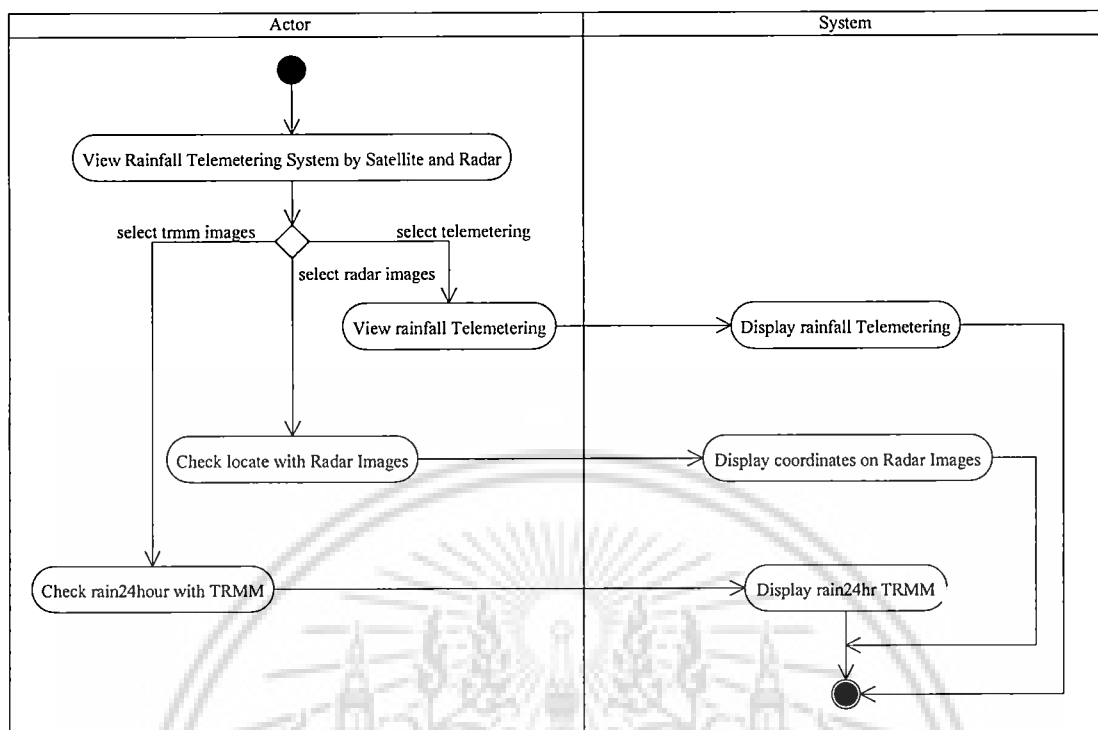
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ผู้อ่านผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 คำอธิบายยูสเคส Show rainfall

Use Case Name	Show rainfall	
Brief Description	แสดงรายละเอียดข้อมูลปริมาณน้ำฝนและสถานะการทำงานของโทรมาตร	
Actors	Admin, User	
Related Use Case	Calibrate	
Preconditions	ต้องมีการตรวจข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากภาพเรดาร์และปรับข้อมูลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม TRMM แล้วจัดค่าปริมาณฝนเก็บลงฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว	
Post conditions	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและมีการแสดงสถานะการทำงานของโทรมาตร	
Triggering Event	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนผ่านกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพเรดาร์และข้อมูลสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียมTRMM เรียบร้อยแล้ว	
Flow of Activities	Actors	System
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เข้ามายังระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรด้วยภาพเรดาร์และ TRMM</li> <li>2. เข้ามาที่เมนู ข้อมูลแสดงฝนจากการตรวจวัดด้วยโทรมาตร</li> <li>3. เข้ามาที่เมนู ผลจากการตรวจด้วยเรดาร์</li> <li>4. เข้ามาที่เมนู ผลจากการตรวจด้วยภาพดาวเทียม</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2.1แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จริงโทรมาตร</li> <li>3.1แสดงจุดโทรมาตรบนภาพเรดาร์</li> <li>4.1แสดงข้อมูลภาพสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียมTRMM และปริมาณฝนสะสมรายวันของโทรมาตร</li> </ol>
Exception Conditions	2.1 หาก Telemetering ที่เลือกมีปริมาณฝนตกหนัก ระบบจะมีข้อความเตือนระวังน้ำท่วม	

จากยูสเคส Show rainfall ที่ได้อธิบายขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.8 นั้น สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทิวทัศน์ไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แอกทิวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Show rainfall

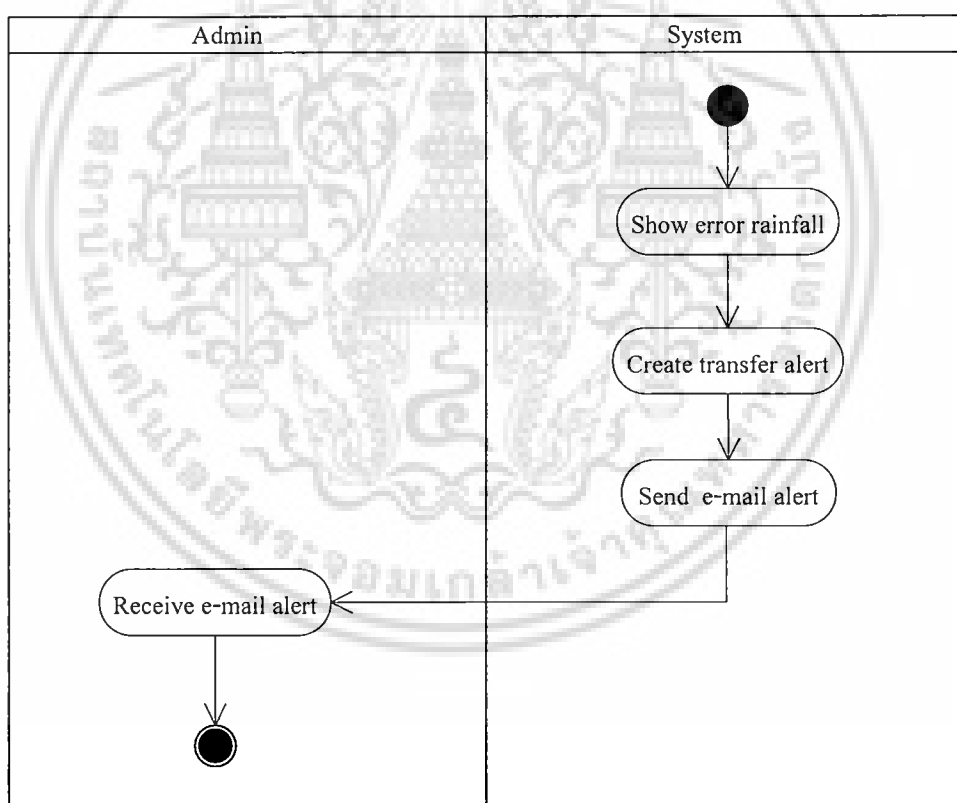
ตารางที่ 3.9 คำอธิบายยูสเคส Alert data

Use Case Name	Alert data	
Brief Description	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงเกิดความผิดพลาด เมื่อตรวจสอบด้วยค่าประมาณปริมาณฝนจากภาพเรดาร์ตรวจอากาศแล้ว	
Actors	Admin	
Related Use Case	Calibrate	
Preconditions	1. ต้องไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงส่งมาที่ระบบ 2. ต้องมีภาพเรดาร์อยู่ในระบบ	
Post conditions	e-mail แจ้งเตือนการส่งข้อมูลโทรมาตรที่ผิดพลาด	
Triggering Event	ตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนด้วยภาพเรดาร์แล้วพบความผิดพลาดมากกว่า 2 ครั้ง	
Flow of Activities	Admin	System
		1. แสดงข้อมูลที่ผิดพลาด 2. สร้างไฟล์ข้อมูลสถานีโทรมาตรที่ผิดพลาด

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

Flow of Activities	Admin	System
	4. เจ้าหน้าที่โทรมาตรได้รับe-mail	3.ส่ง e-mail แจ้งเตือนให้กับเจ้าหน้าที่โทรมาตร
Exception Conditions	ไม่มี	

จากยูสเคส Alert data ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.9 นั้น สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทวิตีไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 3.12



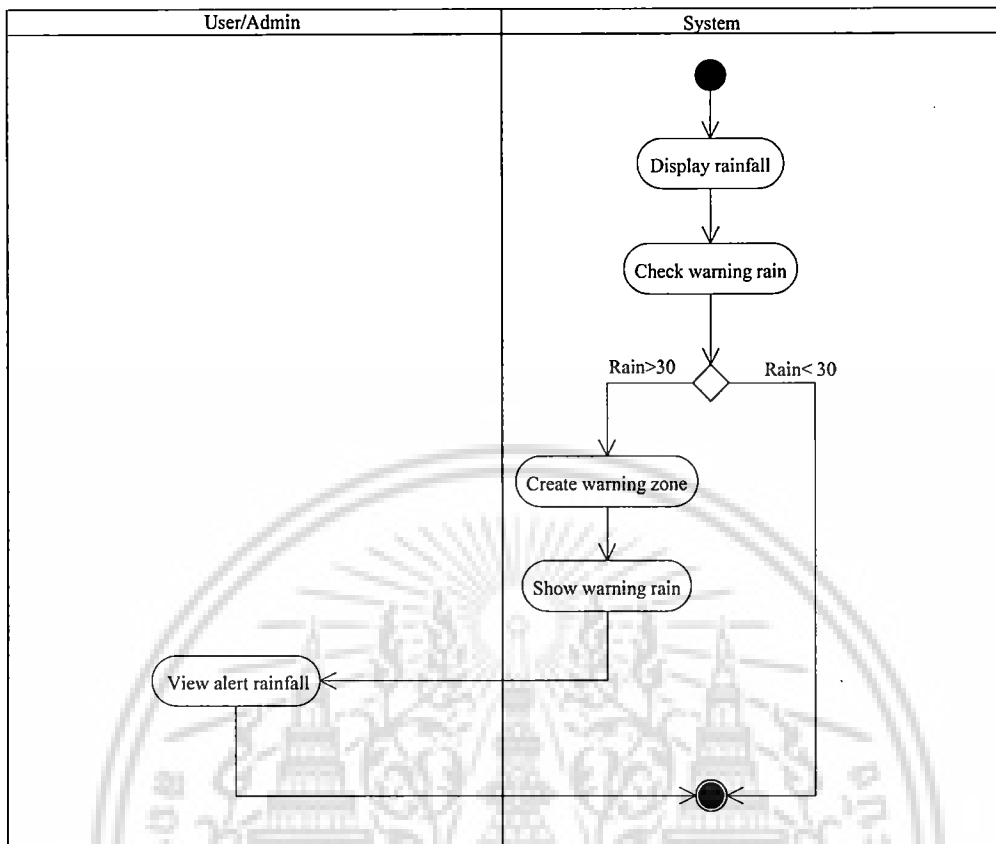
รูปที่ 3.12 เอกทวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Alert data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 คำอธิบายยูสเคส Warning rainfall

Use Case Name	Warning rainfall	
Brief Description	เตือนภัยพื้นที่ที่ฝนตกหนัก	
Actors	Users ,Admin	
Related Use Case	Calibrate	
Preconditions	1.ข้อมูลปริมาณน้ำฝนต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบแล้ว 2.ต้องมีเกณฑ์เตือนภัยอยู่ในระบบแล้ว 3.ผู้ใช้เข้าสู่ระบบตรวจสอบปริมาณฝนแล้ว	
Post conditions	เตือนภัยระดับฝนวิกฤตให้ผู้ใช้ทราบ	
Triggering Event	ข้อมูลปริมาณฝนรายชั่วโมงที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมากกว่า 30 มิลลิเมตร	
Flow of Activities	Actors	System
	4.ผู้ใช้เข้าสู่ระบบ	1.แสดงข้อมูล Rainfall 2.ตรวจสอบปริมาณน้ำฝนว่าถึงระดับที่วิกฤตหรือไม่ โดยตรวจจากเกณฑ์เตือนภัยในระบบ 2.1หากปริมาณน้ำฝนถึงระดับวิกฤตสำหรับพื้นที่นั้นๆ ระบบจะแสดงข้อความ “พื้นที่เสี่ยงภัย” 3.แสดงพื้นที่เฝ้าระวังน้ำท่วมจากภัยฝน
Exception Conditions	ไม่มี	

จากยูสเคส Warning rainfall ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.10 นั้นสามารถอธิบายการทำงานโดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทิวทัศน์ไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แอกทีวิตีไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Warning rainfall

ตารางที่ 3.11 คำอธิบายยูสเคส Login

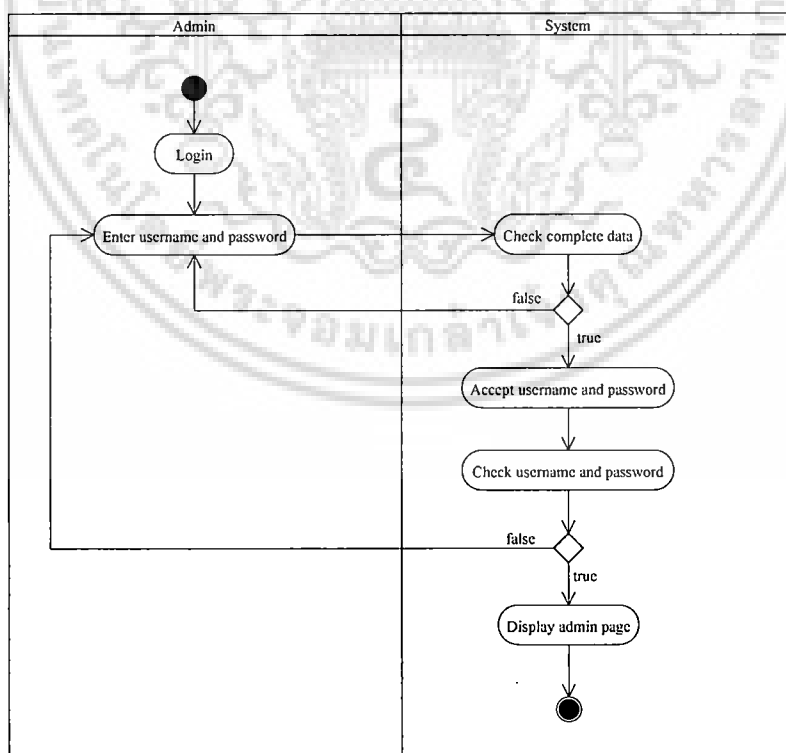
Use Case Name	Login	
Brief Description	เจ้าหน้าที่โทรมาตรต้องการลงชื่อเข้าใช้ระบบ	
Actors	Admin	
Related Use Case	ไม่มี	
Preconditions	ต้องมีชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านอยู่ในระบบ	
Post conditions	สามารถเข้าใช้งานระบบได้	
Triggering Event	ต้องการเข้าใช้งานข้อมูลปริมาณน้ำฝนโทรมาตรในระบบ	
Flow of Activities	Admin	System
	<ol style="list-style-type: none"> <li>Admin ลงชื่อใช้งานในระบบ</li> <li>Admin ระบุชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล</li> </ol>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

Flow of Activities	Admin	System
		4.ระบบรับค่าชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน 5.ระบบตรวจสอบผู้ใช้งาน 6.ระบบแสดงหน้าจอผู้ใช้งาน
Triggering Event	3.หากระบุไม่ครบถ้วน ระบบจะแสดงข้อความ “กรอกข้อมูลให้ครบถ้วน” และทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 5.หากผู้ใช้งานหรือรหัสผ่านไม่ถูกต้อง ระบบจะแสดงข้อความ “ชื่อผู้ใช้งานหรือรหัสผ่านไม่ถูกต้องกรุณาตรวจสอบอีกครั้ง” และทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2	

จากยูสเคส Login ที่ได้อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานตารางที่ 3.11 นั้น สามารถอธิบายการทำงาน โดยรวมเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานด้วยเอกทิวทัศน์ไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 3.14



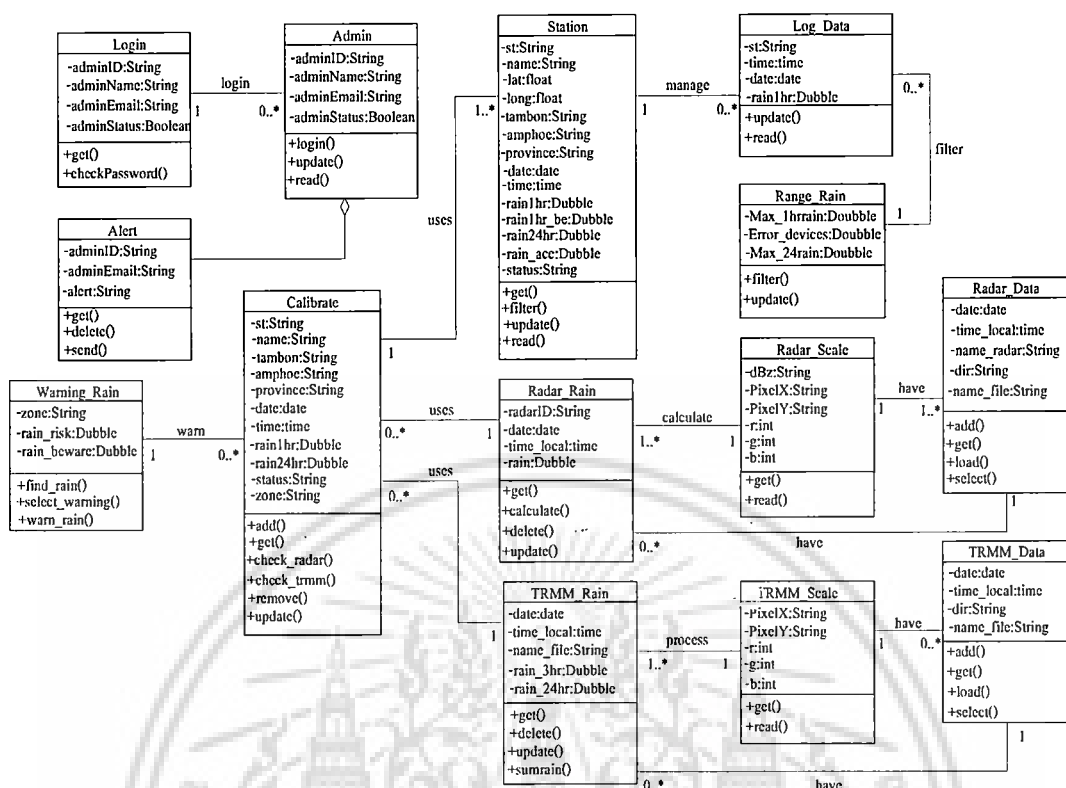
รูปที่ 3.14 เอกทิวทัศน์ไดอะแกรมแสดงการทำงานของยูสเคส Login

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 คลาสไดอะแกรม

คลาสไดอะแกรมเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงโครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสของวัตถุต่างๆ ที่มีในระบบ รวมถึงคุณสมบัติและการกระทำที่วัตถุในคลาสต่างๆ สามารถกระทำโดยระบบที่ได้ทำการออกแบบประกอบด้วยคลาสต่างๆ ดังรูปที่ 3.15 ซึ่งประกอบด้วยคลาสต่างๆดังนี้

1. Admin คือ คลาสเจ้าหน้าที่โทรมาตร
2. Login คือ คลาสตรวจสอบรหัสและผู้ใช้งาน
3. Calibrate คือ คลาสข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
4. Station คือ คลาสรายละเอียดข้อมูลสถานีโทรมาตรที่ผ่านเกณฑ์กรองข้อมูล
5. Log\_Data คือ คลาสข้อมูลปริมาณน้ำฝนโทรมาตร
6. Rang\_Rain คือ คลาสที่เก็บข้อมูลสำหรับกรองปริมาณน้ำฝน
7. Radar\_Rain คือ คลาสที่เก็บการประมาณปริมาณน้ำฝนจากรadar
8. Radar\_Scale คือ คลาสกำหนดค่าสีของภาพเรดาร์
9. Radar\_Data คือ คลาสที่เก็บข้อมูลภาพเรดาร์
10. TRMM\_Rain คือ คลาสที่เก็บค่าปริมาณน้ำฝนจากภาพ TRMM
11. TRMM\_Scale คือ คลาสกำหนดค่าสีของภาพ TRMM
12. TRMM\_Data คือ คลาสที่เก็บข้อมูลภาพ TRMM
13. Warning\_Rain คือ คลาสเตือนภัยน้ำฝน
14. Alert คือ คลาสแจ้งข้อมูลฝนผิดปกติ โดยส่ง e-mail ให้กับเจ้าหน้าที่โทรมาตรเท่านั้น



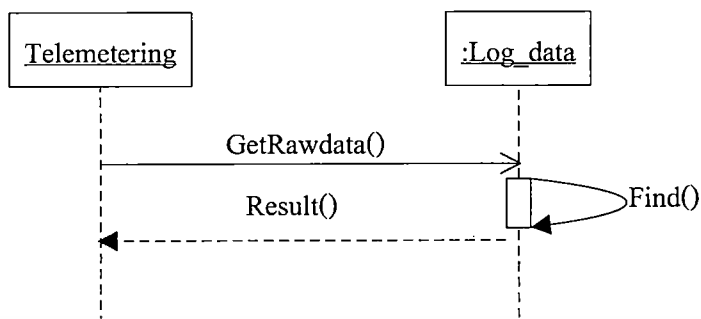
รูปที่ 3.15 คลาสไดอะแกรมของระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมและภาพเรดาร์

### 3.7 ซีเควนซ์ไดอะแกรม

จากยูสเคสไดอะแกรมและคลาสไดอะแกรมของระบบที่ได้กล่าวไปแล้ว สามารถอธิบายถึงการสื่อสารหรือการส่งข้อความกันในแต่ละอ็อบเจกต์เพื่อทำให้เกิดการทำงานขึ้นในระบบ โดยแสดงผ่านแบบจำลองซีเควนซ์ไดอะแกรม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.7.1 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get Log from Telemetry

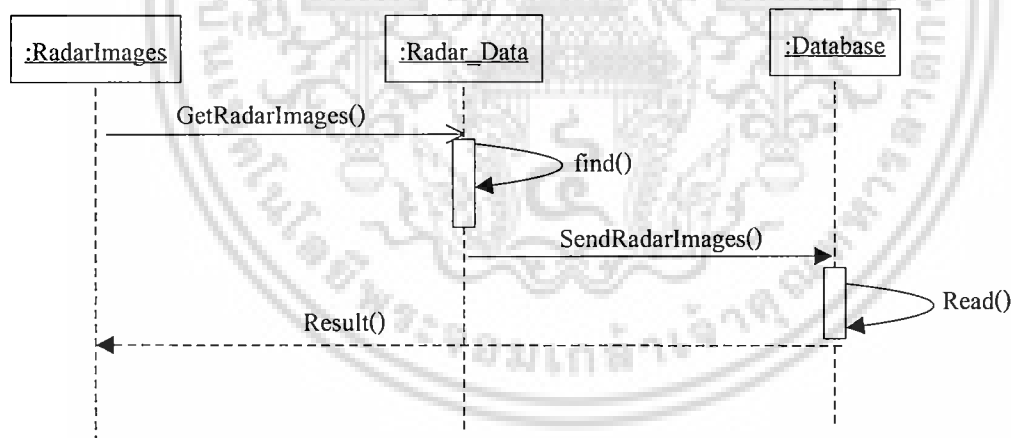
กระบวนการ Get Log from Telemetry เป็นกระบวนการที่แอปพลิเคชันตัวเซิร์ฟเวอร์ได้รับล็อกไฟล์จาก Telemetry และทำการบันทึกลงโทรมาตรในรูปแบบของเท็กซ์ไฟล์ โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Get Log from Telemetry

### 3.7.2 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get Radar Images from database

กระบวนการ Get Radar Images from database เป็นกระบวนการที่แอปพลิเคชันได้รับไฟล์ภาพจาก database และทำการบันทึกภาพเรดาร์ โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลาดังรูปที่ 3.17

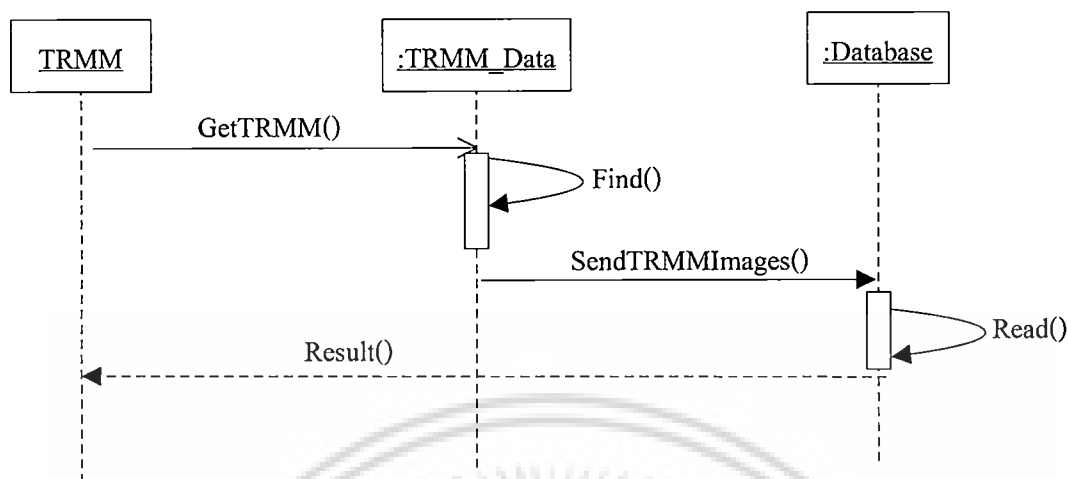


รูปที่ 3.17 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Get Radar Images from database

### 3.7.3 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get TRMM from database

กระบวนการ Get TRMM from database เป็นกระบวนการที่แอปพลิเคชันได้รับไฟล์ภาพจาก database และทำการบันทึกข้อมูลภาพดาวเทียม โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.18

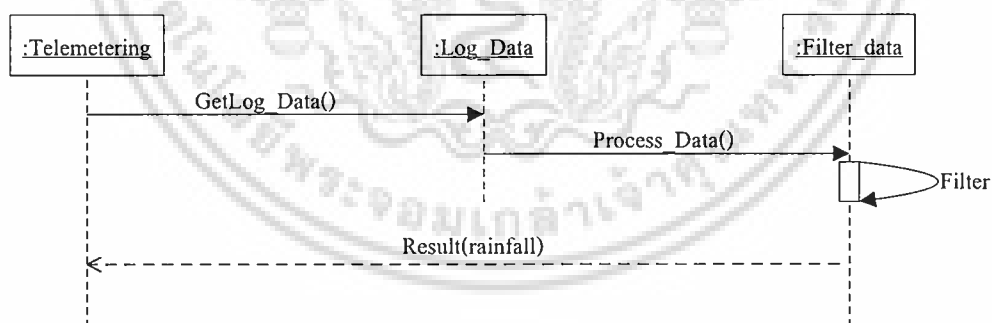
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Get TRMM from database

#### 3.7.4 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Filter data

เมื่อข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรผ่านสู่ระบบ ระบบจะนำค่าปริมาณน้ำฝนผ่านเกณฑ์กรองข้อมูลความเคลื่อนไหวของอุปกรณ์และค่าสถิติ เพื่อทำการคัดกรองในเบื้องต้น โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.19

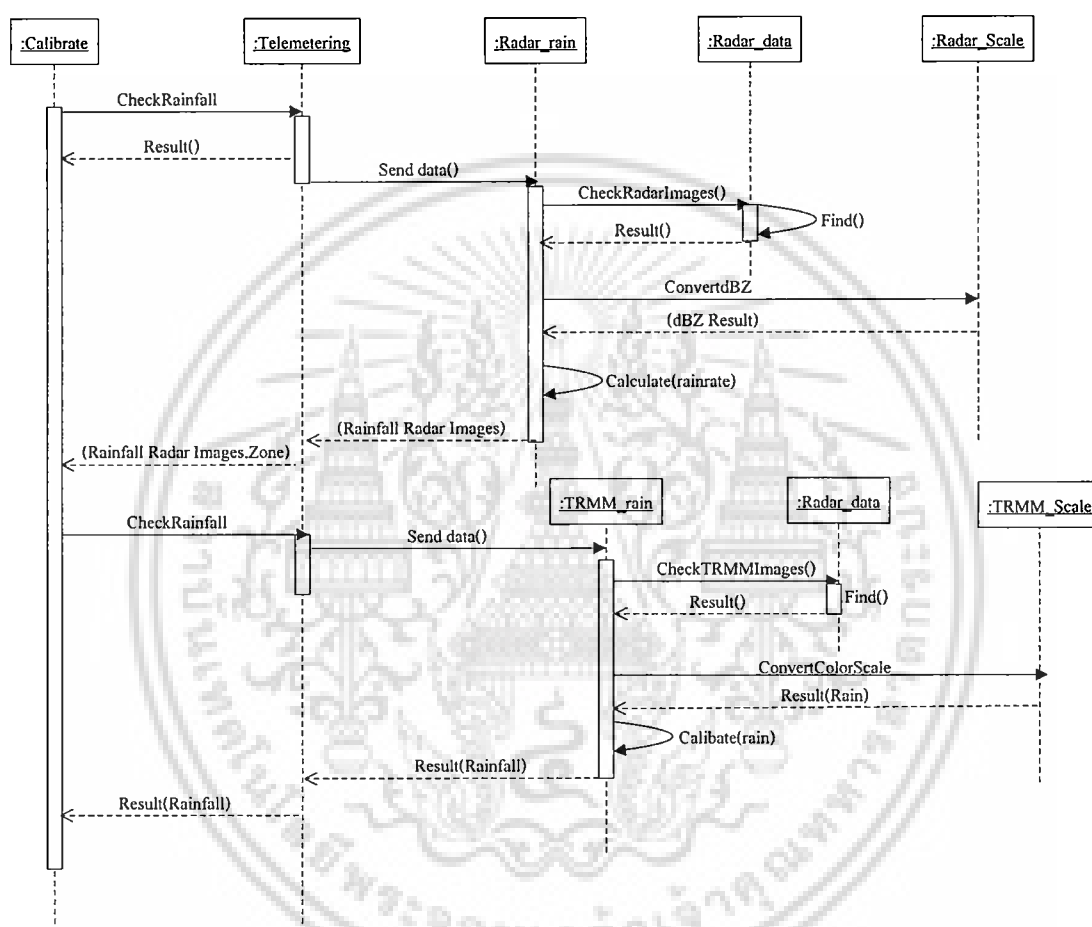


รูปที่ 3.19 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Filter data

#### 3.7.5 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Calibrate

เมื่อระบบรับค่าปริมาณน้ำฝนที่ผ่านการกรองในเบื้องต้น จะผ่านกระบวนการตรวจสอบ 2 ครั้ง ด้วยกัน คือ ตรวจสอบด้วยการประเมินแนวโน้มการเกิดฝนจากเรดาร์ตรวจอากาศ โดยขั้นตอนนี้สามารถตรวจสอบได้ว่าเกิดฝนตกครอบคลุมที่สถานีโทรมาตรติดตั้งหรือไม่ เพื่อเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

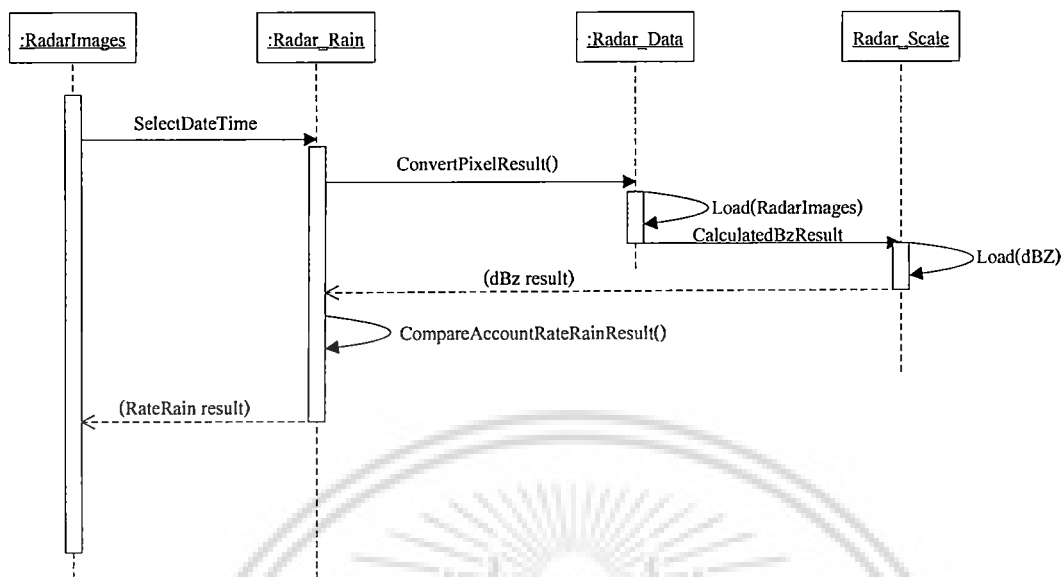
การยืนยันพื้นที่ที่ฝนตกจริง และตรวจสอบด้วยการอ่านค่าปริมาณฝนสะสมจาก TRMM หากค่าปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนหรือข้อมูลขาดหาย ไม่สมมูลกับฝนสะสม TRMM ระบบจะทำการปรับหรือเติมค่าที่ขาดหาย ก่อนนำเสนอข้อมูลในขั้นต่อไป โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Calibrate

### 3.7.6 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Calculate dBZ

กระบวนการแปลงค่าอัตราความเข้มของฝนที่แสดงบนภาพเรดาร์ตรวจอากาศ เป็นอัตราประมาณปริมาณน้ำฝนบริเวณที่เกิดฝน เพื่อตรวจสอบพื้นที่ที่เกิดฝนตกจริง โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตรงลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.21



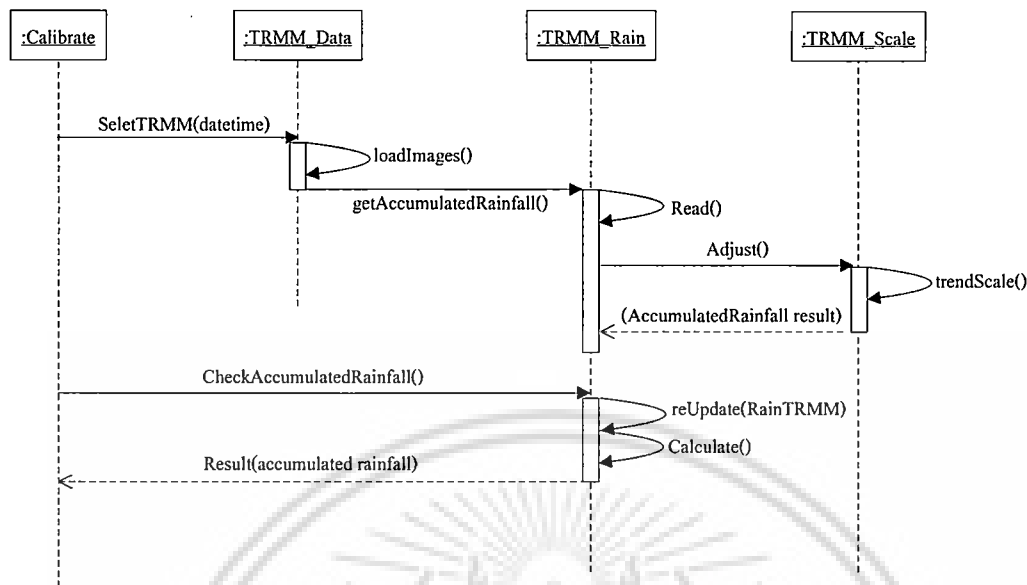
รูปที่ 3.21 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Calculate dBZ

### 3.7.7 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Process TRMM

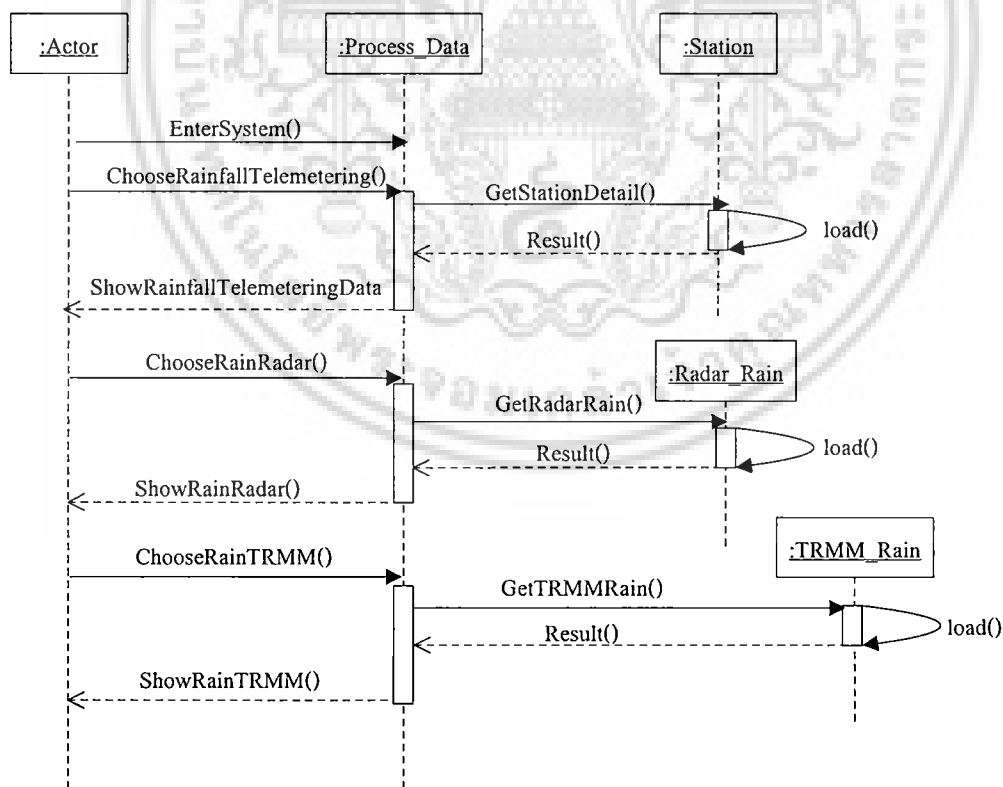
กระบวนการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM มาประมวลเป็นปริมาณฝนสะสมรายวัน ระบบจะนำปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันจากโทรมาตร มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและหากข้อมูลปริมาณฝนรายชั่วโมงมีความผิดปกติ หรือไม่มีข้อมูลหาย ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนสะสม ระบบจะปรับข้อมูลให้มีความสมบูรณ์แล้วเก็บลงฐานข้อมูล โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.22

### 3.7.8 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Show Rainfall

กระบวนการ Show Rainfall เป็นการแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการตรวจวัดของโทรมาตร โดยผ่านการตรวจสอบข้อมูลด้วยภาพเรดาร์ตรวจอากาศและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM ซึ่งจะมีการติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อคิวรี (Query) ข้อมูลออกมาด้วย โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.22 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Process TRMM

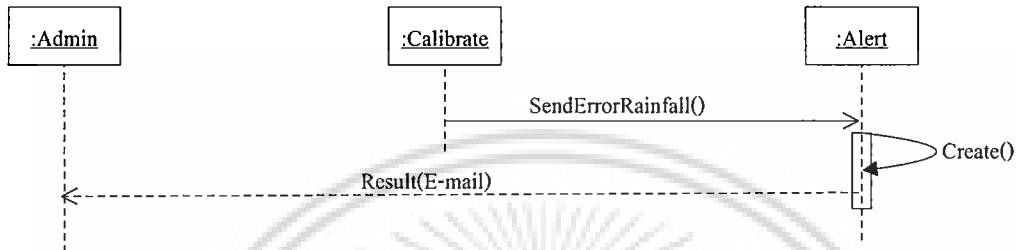


รูปที่ 3.23 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Show Rainfall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7.9 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Alert\_data

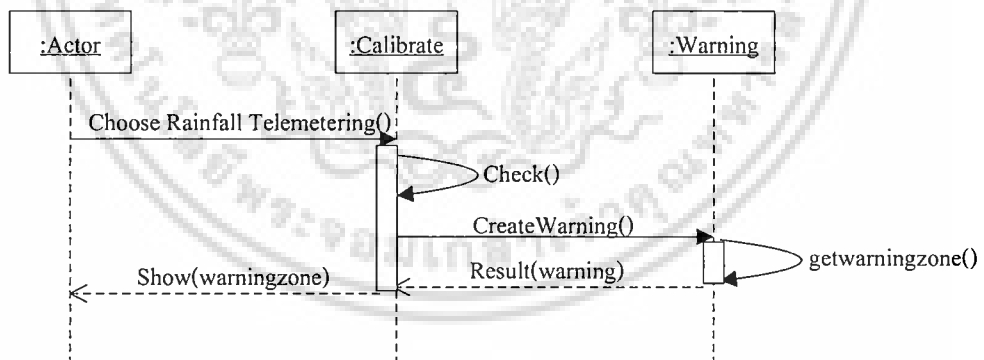
กระบวนการแจ้งเตือนข้อมูลผิดปกติที่เกิดจากการส่งข้อมูลโทรมาตรเมื่อทำการเทียบกับภาพเรดาร์ เมื่อครบรอบระยะเวลาที่กำหนด โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการแจ้งเตือนข้อมูลปริมาณฝนผิดพลาด

### 3.7.10 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Warning rainfall

ระบบจะเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากน้ำฝน โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.25

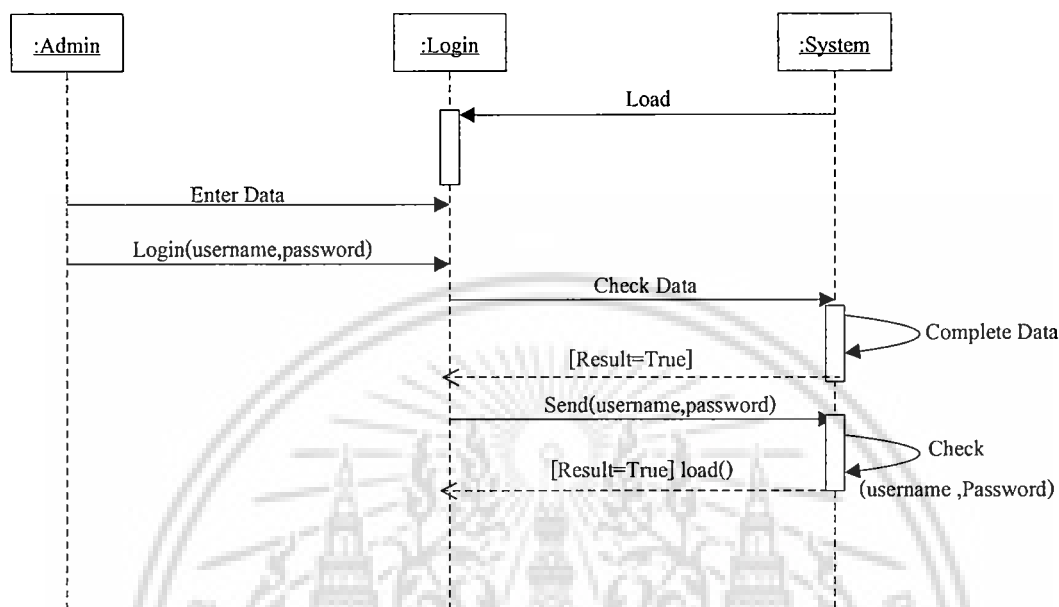


รูปที่ 3.25 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากน้ำฝน

### 3.7.11 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Login

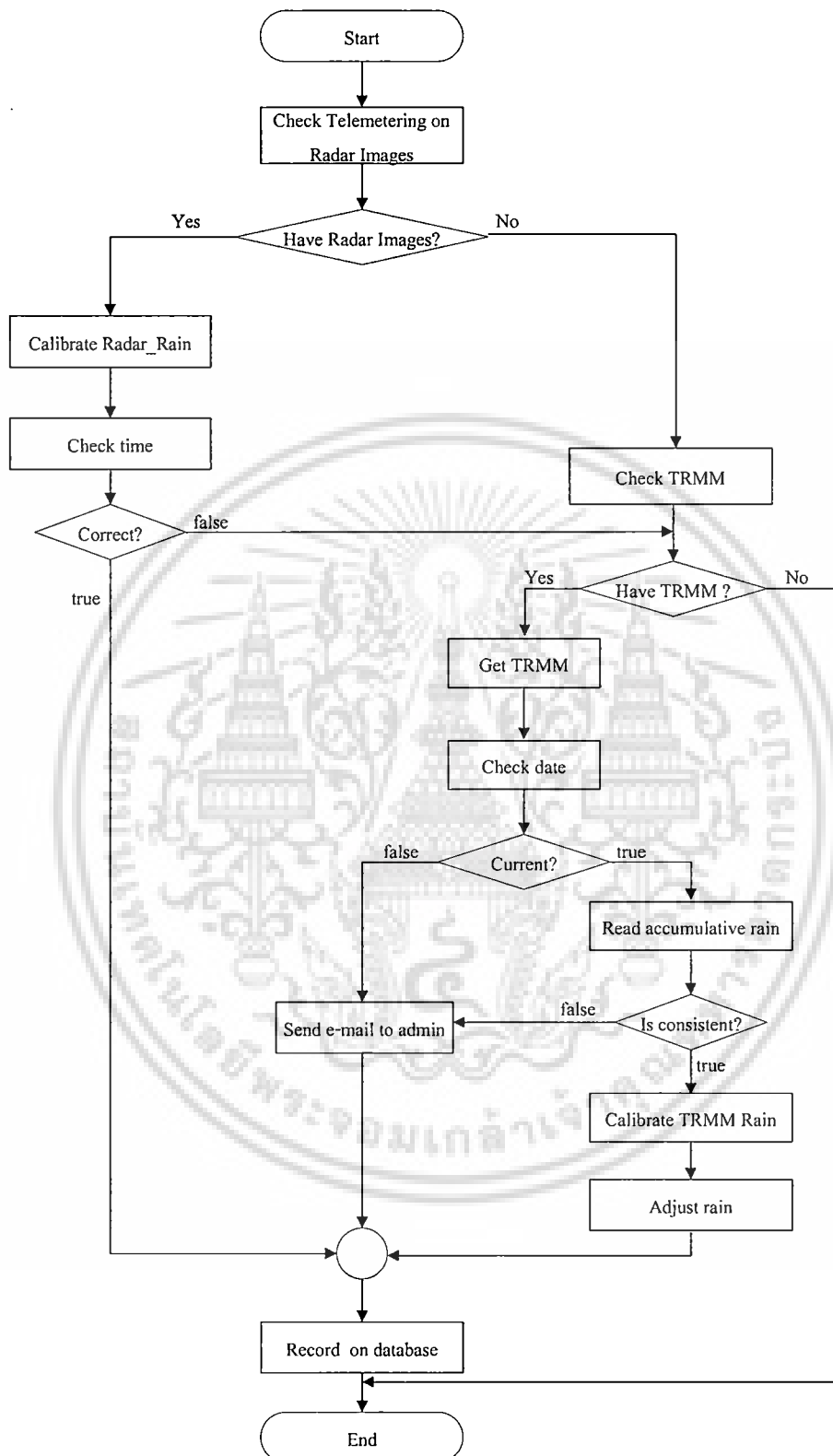
Login เพื่อตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้งานในการเข้าถึงระบบ โดยระบบจะแบ่งผู้ใช้เป็น 2 ประเภท คือผู้ใช้ทั่วไป ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีสิทธิ์ในการ Login สามารถเข้าสู่ข้อมูลได้จากหน้าเว็บ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้งานระบบอีกประเภทได้แก่ผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่โทรมาตร โดยมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรมตามลำดับเวลา ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ซีควেনซ์ไดอะแกรมของขั้นตอนการ Login

กรณีไม่มีภาพเรดาร์ ระบบจะตรวจสอบด้วยข้อมูลภาพสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM เพื่อความสอดคล้องของข้อมูล เมื่อพบความผิดพลาดจากเวลาที่ส่งหรือข้อมูลไม่สอดคล้อง จะส่ง E-mail แจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่โทรมาตรทราบ และหากข้อมูลสอดคล้องแต่ค่าปริมาณฝนรายชั่วโมงในช่วงเวลานั้นๆขาดหาย ระบบจะคำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยรายชั่วโมงจากฝนสะสมรายวันของข้อมูลสังเคราะห์จากดาวเทียม TRMM เพื่อปรับข้อมูลปริมาณฝนรายชั่วโมงก่อนบันทึกลงฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการตรวจสอบปริมาณฝนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมTRMM และข้อมูลภาพเรดาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การออกแบบฐานข้อมูล

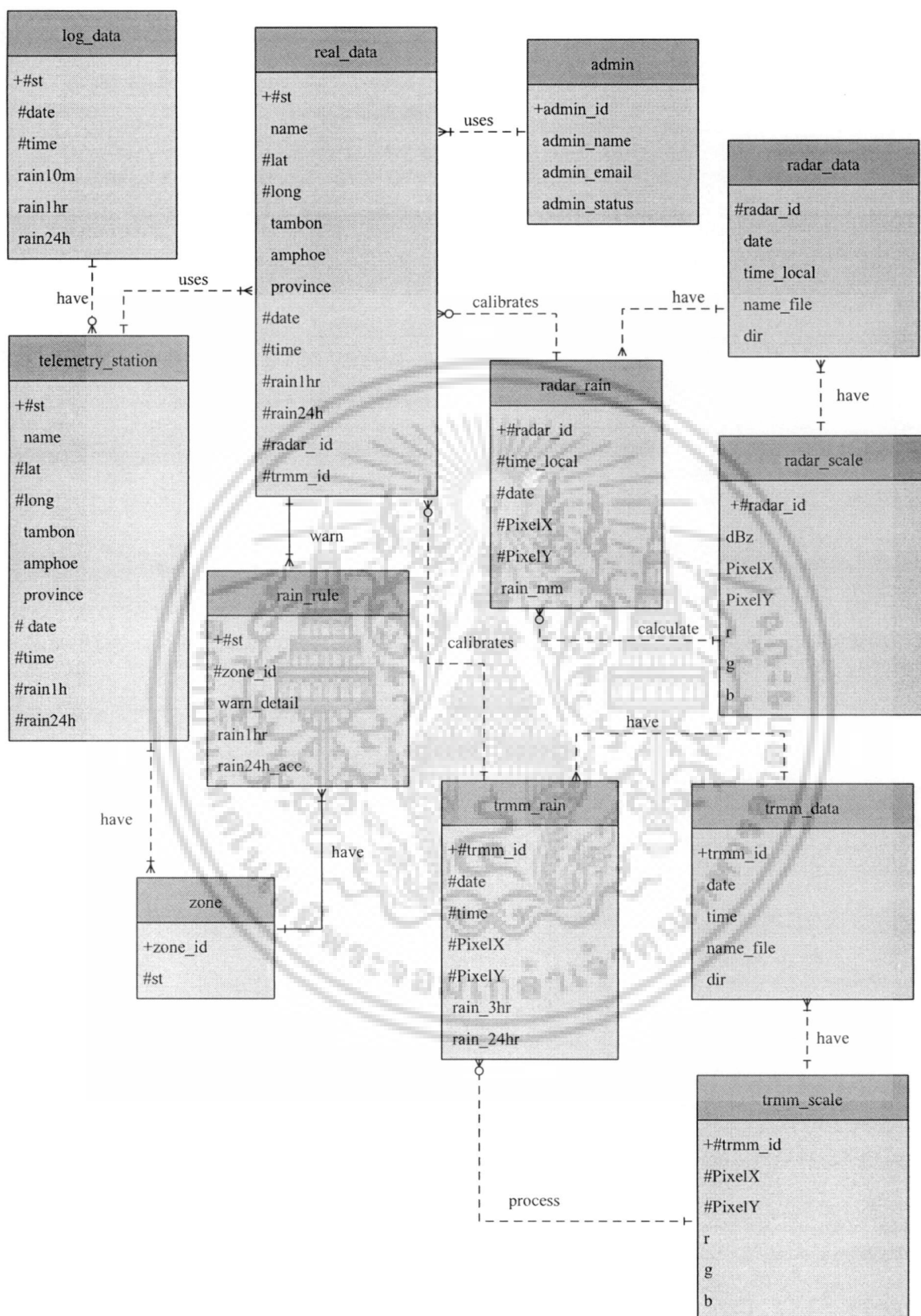
การออกแบบฐานข้อมูลเป็นการแสดงถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ โดยจะต้องออกแบบให้มีการเก็บข้อมูลแยกเป็นส่วนๆตามคุณสมบัติหรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันของข้อมูล ตามหลักการของการออกแบบของฐานข้อมูลเชิงความสัมพันธ์ เพื่อให้สะดวกในการนำข้อมูลมาประมวลผล และง่ายต่อการจัดเก็บ และการจัดการของฐานข้อมูล

#### 4.1 อีอาร์ไดอะแกรม

อีอาร์ไดอะแกรม (Entity Relationship Diagram) คือแบบจำลองที่ใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ของเอนทิตีหรือข้อมูลที่จะอยู่ในระบบฐานข้อมูล จากการวิเคราะห์ระบบจะสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางต่างๆในฐานข้อมูลได้ ดังรูปที่ 4.1

- 4.1.1 ตาราง log\_data เป็นตารางข้อมูลที่ส่งมาจากโทรมาตร
- 4.1.2 ตาราง real\_data เป็นตารางเก็บข้อมูลปริมาณฝนที่ผ่านการกรองข้อมูลแล้ว
- 4.1.3 ตาราง telemetry\_station เป็นตารางรายละเอียดสถานีโทรมาตร
- 4.1.4 ตาราง radar\_rain เป็นตารางเก็บข้อมูลน้ำฝนจากเรดาร์
- 4.1.5 ตาราง radar\_scale เป็นตารางใช้กำหนดค่าแถบสีของกลุ่มฝนของเรดาร์
- 4.1.6 ตาราง radar\_data เป็นตารางเก็บข้อมูลภาพเรดาร์
- 4.1.7 ตาราง trmm\_rain เป็นตารางเก็บข้อมูลปริมาณฝนที่จากข้อมูลสังเคราะห์ภาพ TRMM
- 4.1.8 ตาราง trmm\_scale เป็นตารางใช้กำหนดค่าแถบสีของแผนภาพ TRMM
- 4.1.9 ตาราง trmm\_data เป็นตารางเก็บข้อมูลสังเคราะห์ภาพ TRMM
- 4.1.10 ตาราง admin เป็นตารางรายละเอียดเจ้าหน้าที่โทรมาตร
- 4.1.11 ตาราง rain\_rule เป็นตารางเก็บระดับปริมาณน้ำฝนที่ใช้เตือนภัย
- 4.1.12 ตาราง zone เป็นตารางพื้นที่เสี่ยงภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 อีอาร์ไออะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณเฉพาะในเพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์

จากอ็อบเจกต์โปรแกรมในหัวข้อ 4.1 สามารถแสดงข้อมูลในแต่ละตารางได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ตาราง log\_data

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
st	int(5)	รหัสสถานีโทรมาตร	PK,FK	telemetry_station
date	date	วันที่ตรวจวัดฝน		
time	time	เวลาตรวจวัดฝน		
rain10m	int(5)	ฝน 10 นาที		
rain1hr	int(5)	ฝน 1 ชั่วโมง		
rain24h	int(5)	ฝนสะสมรายวัน		

ตารางที่ 4.2 ตาราง real\_data

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
st	int(5)	รหัสสถานีโทรมาตร	PK,FK	telemetry_station
name	varchar(20)	ชื่อสถานีโทรมาตร		
lat	numeric(5,5)	ละติจูด	FK	telemetry_station
long	numeric(5,5)	ลองจิจูด	FK	telemetry_station
tambon	varchar(20)	ตำบล		
amphoe	varchar(20)	อำเภอ		
province	varchar(20)	จังหวัด		
date	date	วันที่วัดฝนจากโทรมาตร		
time	time	เวลาตรวจวัดฝน		
rain1hr	int(5)	ปริมาณฝน 1 ชั่วโมง	FK	telemetry_station
rain_24h	int(5)	ปริมาณฝนสะสมรายวัน	FK	telemetry_station
radar_id	int(1)	รหัสเรดาร์	FK	radar_rain
trmm_id	int(1)	รหัสดาวเทียม	FK	trmm_rain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตาราง telemetry\_station

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
st	int(5)	รหัสสถานีโทรมาตร	PK	
name	varchar(20)	ชื่อสถานีโทรมาตร		
lat	numeric(5,5)	ตำแหน่งละติจูดที่ตั้งสถานีโทรมาตรวัดฝน		
long	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่ตั้งลองจิจูดสถานีโทรมาตรวัดฝน		
tambon	varchar(20)	ตำบล		
amphoe	varchar(20)	อำเภอ		
province	varchar(20)	จังหวัด		
date	date	วันที่วัดฝนจากโทรมาตร	FK	log_data
time	time	เวลาตรวจวัดฝน	FK	log_data
rain1hr	int(5)	ปริมาณฝน 1 ชั่วโมง	FK	filter_rain
rain24h	int(5)	ปริมาณฝนสะสมรายวัน	FK	filter_rain

ตารางที่ 4.4 ตาราง radar\_rain

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
radar_id	int(5)	หมายเลขเรดาร์	PK,FK	radar_data
time_local	time	เวลาที่ตรวจ	FK	radar_data
date	date	วันที่ตรวจ	FK	radar_data
PixelX	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่พบกลุ่มฝนในแนวแกน x	FK	radar_scale
PixelY	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่พบกลุ่มฝนในแนวแกน y	FK	radar_scale
rain_mm	int(5)	ปริมาณฝน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตาราง radar\_scale

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
radar_id	int(5)	หมายเลขเรดาร์	PK	radar_data
dBZ	varchar(20)	ค่าความเข้มการสะท้อน เรดาร์	FK	
PixelX	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่พบกุ่มฝนใน แนวแกน x		
PixelY	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่พบกุ่มฝนใน แนวแกน y	FK	
r	int(11)	ค่าของสีแดงในหนึ่งจุดสี		
g	int(11)	ค่าของสีเขียวในหนึ่งจุดสี		
b	int(11)	ค่าของสีฟ้าในหนึ่งจุดสี		

ตารางที่ 4.6 ตาราง radar\_data

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
radar_id	int(5)	หมายเลขเรดาร์	PK	
date	date	วันที่ตรวจ		
time_local	time	เวลาที่ตรวจ		
name_file	varchar(50)	ชื่อไฟล์ภาพเรดาร์		
dir	varchar(50)	ตำแหน่งที่เก็บภาพเรดาร์		

ตารางที่ 4.7 ตาราง trmm\_rain

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
trmm_id	int(5)	หมายเลขภาพ	PK,FK	trmm_data
date	date	วันที่ตรวจ	FK	trmm_data
time	time	เวลาที่ตรวจ	FK	trmm_data
PixelX	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่อ่านค่าฝนสะสม ในแนวแกน x	FK	trmm_scale
PixelY	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่อ่านค่าฝนใน แนวแกน y	FK	trmm_scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7(ต่อ)

rain_3hr	numeric(10,2)	ฝนสะสม3ชั่วโมง		
rain_24hr	numeric(10,2)	ฝนสะสม24ชั่วโมง		

ตารางที่ 4.8 ตาราง trmm\_scale

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
trmm_id	int(5)	หมายเลขtrmm	PK	trmm_data
PixelX	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่อ่านค่าฝนสะสม ในแนวแกน x		
PixelY	numeric(5,5)	ตำแหน่งที่อ่านค่าฝนสะสม ในแนวแกน y		
r	int(11)	ค่าของสีแดงในหนึ่งจุดสี		
g	int(11)	ค่าของสีเขียวในหนึ่งจุดสี		
b	int(11)	ค่าของสีฟ้าในหนึ่งจุดสี		

ตารางที่ 4.9 ตาราง trmm\_data

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
trmm_id	int(5)	หมายเลขภาพ	PK	
date	date	วันที่ตรวจ		
time	time	เวลาที่ตรวจ		
name_file	varchar(50)	ชื่อไฟล์ภาพดาวเทียม trmm		
dir	varchar(50)	ตำแหน่งที่เก็บภาพ ดาวเทียม trmm		

ตารางที่ 4.10 ตาราง Admin

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
admin_id	int(5)	รหัสขอใช้งานระบบ	PK	
admin_name	varchar(20)	ชื่อเจ้าหน้าที่		
admin_email	varchar(50)	อีเมลเจ้าหน้าที่		
admin_status	varchar(5)	สถานะของเจ้าหน้าที่		

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ตาราง zone

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
zone_id	int(5)	รหัสพื้นที่เดือน	PK	
st	int(5)	รหัสสถานีโทรมาตร	FK	telemetry_station

ตารางที่ 4.12 ตาราง rain\_rule

แอตทริบิวต์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด	คีย์	ตารางที่อ้างอิงถึง
st	int(5)	รหัสสถานีโทรมาตร	FK	telemetry_station
zone_id	int(5)	รหัสพื้นที่เดือน	FK	zone
warn_detail	varchar(20)	ระดับเตือน		
rain1hr	varchar(100)	เกณฑ์ฝนชั่วโมง		
rain24h_acc	varchar(100)	เกณฑ์ฝนรายวัน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การออกแบบส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้

การออกแบบส่วนต่อประสานระหว่างผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญส่วนหนึ่ง ซึ่งการออกแบบที่ดีจะมีส่วนช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นและสะดวกมากขึ้น ทั้งนี้ระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมจาก TRMM และภาพเรดาร์ สนับสนุนงานการออกแบบและการพัฒนาในลักษณะของเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยพัฒนาด้วยโปรแกรมภาษา Python และติดต่อกับฐานข้อมูล PostgreSQL ซึ่งในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงหน้าจอ วิธีการใช้งาน โดยภาพรวม ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานระบบสามารถเข้าใจขั้นตอนในการทำงานของระบบมากยิ่งขึ้น

#### 5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และภาพเรดาร์ ใช้เครื่องมือและภาษาที่ใช้ในการพัฒนา ดังนี้

##### 5.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบและทดสอบระบบงาน มีคุณสมบัติดังนี้

- CPU: Core i5 2.3 GHz
- Memory: 4 MB
- Hard disk: 750 GB

##### 5.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาและทดสอบระบบ มีดังนี้

- Operating System: Microsoft Window 7 Professional
- Application Development Tool: Adobe Dreamweaver CS3
- RDBMS: PostgreSQL

#### 5.2 การออกแบบหน้าจอของระบบ

ในส่วนของการออกแบบหน้าจอของระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพเรดาร์และ TRMM จะกล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนการทำงานในส่วนที่เกี่ยวข้องภายในระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะประกอบไปด้วยกระบวนการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.1 หน้าจอข้อมูลปริมาณฝนที่ผ่านการกรองแล้ว

เมื่อโทรมาตรงข้อมูลมาที่ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝน ระบบจะทำการอ่านข้อมูลภายในไฟล์แล้วทำการแปลงค่าก่อนนำไปกรองข้อมูล ดังรูปที่ 5.1

st	date	time	rain1h	rain24h	rain_acc	mch	tmp	rain24_past	rain10m	rain1h_bef	rain24h_bef
NTAN	2011-09-08	09:10:00	0.2	7	804.8	39.2		23	0.2	4.8	0.4
TKPP	2011-09-08	12:00:00	0	0	1313.6	28.9		10.2	0	0	0.2
KHOG	2011-08-10	05:00:00	0	0.6	72.2	28.4		0	0	0	0.2
NGPH	2011-05-03	22:00:00	0	0.2	29.2	38.2		14.8	0	0	0.6
WGSA	2011-09-27	19:00:00	0	0.6	407.2	29.4	999999		0	0	14.6
TRON	2011-05-11	15:00:00	0	0	128	38.7	999999		0	0	2.4
CMSG	2011-09-30	00:00:00	0	0	910.2	37.7		25	0	0	2.4
SLBC	2011-10-03	19:00:00	0	0.2	589.4	33.8		0	0	0	0.2
BTUD	2011-05-04	08:00:00	0	0	29.8	30.4		0	0	0	0
BRKM	2011-10-11	06:00:00	0	3	838.2	31.4	999999		0	0	0
KOLO	2011-10-11	12:00:00	0	0	1054.2	39.2	999999		0	0	0

รูปที่ 5.1 ข้อมูลปริมาณฝนที่ผ่านการกรองแล้ว

### 5.2.2 กระบวนการแปลงค่าความเข้มของฝนด้วยภาพเรดาร์

เมื่อข้อมูลปริมาณฝนผ่านการกรองแล้วมีค่ามากกว่า 0 ระบบเรียกข้อมูลภาพเรดาร์แล้วทำการประมวลค่าความเข้มของฝนเพื่อตรวจสอบพื้นที่ที่เกิดฝนตกจริง โดยแปลงค่าพิกเซลที่อยู่บนภาพเรดาร์ เป็นละติจูด ลองจิจูด ดังรูปที่ 5.2 จากนั้นระบบประมวลความสัมพันธ์ความเข้มอัตราการเกิดฝน โดยที่ตั้งของสถานีเรดาร์ตรวจอากาศ แทนด้วย x,y บนภาพ เป็นจุดเริ่มต้นในการประเมินพื้นที่ที่ครอบคลุมการเกิดฝน ดังรูปที่ 5.3

```
class converter:
    """
    เอาไฟล์ฝนมาจาก pixel <-> lon,lat สำหรับพื้นที่ไหนที่มีจุดศูนย์กลางสถานีตรวจอากาศ "สถานี"
    """
    def __init__(self):
        #Variable for trigonometry algorithm
        self.pixel2lon = (101.36-98.013)/394
        self.pixel2lat = (20.464-18.0)/289
        self.radar_top = 20.464+(196*self.pixel2lat)
        self.radar_bottom = 18-(27*self.pixel2lat)
        self.radar_left = 98.013-(36*self.pixel2lon)
        self.radar_right = 101.36+(82*self.pixel2lon)

        self.EARTH_RADIUS = 6371.0 #km
        self.radar_center_lon = 100.017
        self.radar_center_lat = 20.1131
        self.radar_radius = 240 #km
        self.img_width = 512 #pixel, ขนาดความกว้างยาวของภาพเรดาร์ (ภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส)
        self.img_height = 512

    def Alpha2Beta(self,alpha_value, maxAlpha, minAlpha, maxBeta, minBeta=0):
        return ((float(alpha_value) - minAlpha)/(maxAlpha-minAlpha))*(maxBeta - minBeta) + minBeta

    def xy2lonlat(self, (x,y)):
        center_x,center_y = self.img_width/2.0, self.img_height/2.0

        distance = numpy.linalg.norm(numpy.array([center_x,center_y])-numpy.array((x,y))) #distance in pixel
        distance = distance * (self.radar_radius/(self.img_width/2.0)) #convert distance to km
        bearing = math.atan2(x-center_x,y-center_y) #http://stackoverflow.com/questions/5058617/bearing-between-two-points
        #return self.newLocationLonLat(self.radar_center_lon, self.radar_center_lat, math.radians((90-math.degrees(bearing))*360), distance)
        return self.newLocationLonLat(self.radar_center_lon, self.radar_center_lat, bearing, distance)

    def xy2lonlat_trigonometry(self, (x,y)):
        lon = self.Alpha2Beta(x, self.img_width, 0, self.radar_right, self.radar_left)
        lat = self.Alpha2Beta(y, self.img_height, 0, self.radar_bottom, self.radar_top)
        return lon,lat
```

แปลงหน่วย pixel เป็น lon lat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

webmast@tiwrmdev:~/TIWRM/hydro report/aom radar2$ python code.py -dt 2011-09-02-10
== User query at datetime 2011-09-02T10:00:00
== Test back for 6 hours ==
reading station.csv...
get telemetering data at datetime 2011-09-02 05:00:00
downloading... CRI_201109020427.gif
Test on range [0 - 40]
Station=DIWO distance=39.24 dBz=58.36 rain=0.00 RESULT==>False
Station=CGSN distance=19.53 dBz=58.36 rain=0.00 RESULT==>False
Station=MECN distance=15.87 dBz=58.36 rain=0.00 RESULT==>False
Station=FYMR distance=32.65 dBz=58.36 rain=0.00 RESULT==>False
Station=BITI distance=39.59 dBz=58.36 rain=0.00 RESULT==>False
Station=RIKK distance=27.58 dBz=58.36 rain=0.00 RESULT==>False
Test on range [40 - 80]
Station=NGRN distance=51.18 dBz=61.68 rain=0.00 RESULT==>False
Station=PANC distance=68.89 dBz=61.68 rain=0.00 RESULT==>False
Station=PADT distance=68.40 dBz=61.68 rain=0.00 RESULT==>False
Station=HSYM distance=55.98 dBz=61.68 rain=0.00 RESULT==>False
Station=CGKM distance=72.17 dBz=61.68 rain=0.00 RESULT==>False
Test on range [80 - 120]
Station=SGKW distance=110.25 dBz=48.40 rain=0.00 RESULT==>False
Station=DKTI distance=105.39 dBz=48.40 rain=0.00 RESULT==>False
Station=POIG distance=109.83 dBz=48.40 rain=999999.00 RESULT==>True
Station=CHUN distance=86.86 dBz=48.40 rain=0.00 RESULT==>False
Station=MCHI distance=88.32 dBz=48.40 rain=0.00 RESULT==>False
Station=NBVN distance=105.03 dBz=48.40 rain=0.00 RESULT==>False
Test on range [120 - 240]

```

เวลา-วันที่ตรวจข้อมูล

ข้อมูลพารามิเตอร์ที่ตรวจ

ผลประเมินพื้นที่ที่เกิดฝนด้วยภาพเรดาร์

ระยะห่างจากสถานีเรดาร์เชียงใหม่

รูปที่ 5.3 กระบวนการแปลงความเข้มของฝนด้วยภาพเรดาร์

### 5.2.3 กระบวนการตรวจสอบด้วยข้อมูลภาพ TRMM

กระบวนการตรวจสอบด้วยข้อมูลภาพ TRMM เป็นขั้นตอนตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายวัน ที่โทรมาตรวัดปริมาณฝนสะสมรายวัน ได้มากกว่า 1 มิลลิเมตร เพื่อความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนสะสมรายวัน ก่อนบันทึกลงฐานข้อมูล โดยค่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันจากโทรมาตรและค่าปริมาณฝนสะสมรายวันที่อ่านได้จากข้อมูลสังเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม TRMM นั้นต้องมีความสอดคล้องกัน โดยแสดงกระบวนการอ่านค่าปริมาณฝนสะสมด้วยข้อมูลภาพสังเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM ดังรูปที่ 5.4

```

def getNearLL(self, lon, lat):
    diff = 99
    minLon = None
    for x in self.lon:
        if math.fabs(x-lon)<diff:
            diff = math.fabs(x-lon)
            minLon = x
    diff = 99
    minLat = None
    for y in self.lat:
        if math.fabs(y-lat)<diff:
            diff = math.fabs(y-lat)
            minLat = y
    return minLon, minLat

def getNearPrecipByLL(self, lon, lat):
    nLon, nLat = self.getNearLL(lon, lat)
    return self.array_data[nLon][nLat]

def getPrecipArrayFromWeb(self):
    #--- download TRMM content from remote website ---
    try:
        f = urllib.urlopen(self.url)
    except IOError, e:
        print "TRMM ERROR: can't connect to server"
        sys.exit()
    #print "trmm data loading... %s"%(self.url)
    print "TRMM data loading..."
    #self.content = f.readlines()
    self.content = f.read()
    f.close()

    #--- convert into dict ---
    all_data = {}
    lines = self.content.split('\n')
    for line in lines:
        line = line.strip()
        if line=="":
            continue
        line = self.despaceArray(line.split(' '))
        if self.Str2Float(line[0])==None:
            continue
        x = self.Str2Float(line[1])
        y = self.Str2Float(line[0])
        tmp = self.Str2Float(line[2])
        if tmp<0: tmp = 0
        if not all_data.has_key(x): all_data[x] = {}
        all_data[x][y] = tmp
    return all_data

def getNearest(self, dt):
    dt = dt.replace(minute=0, second=0, microsecond=0)
    expect_hour = [0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21]
    current_hour = dt.hour
    while current_hour not in expect_hour:
        dt = dt-datetime.timedelta(hours=1)
        current_hour = dt.hour
    return dt

def despaceArray(self, arr):
    tmp = []
    for i in arr:
        if i=="":
            continue
        tmp.append(i)
    return tmp

def Str2Float(self, val):
    try:
        tmp = float(val)
        return tmp
    except:
        return None

```

การคำนวณหา lat lon ของโทรมาตรบนภาพถ่าย TRMM

การอ่านค่าปริมาณฝนสะสมบนภาพถ่าย TRMM

รูปที่ 5.4 กระบวนการอ่านค่าปริมาณฝนสะสมด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM

#### 5.2.4 หน้าจอรายละเอียดของข้อมูลปริมาณฝนจากโทรมาตร

ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้ามาดูข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรที่ผ่านการตรวจสอบจากระบบแล้ว จะแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรที่มีความถูกต้องโดยผ่านการตรวจสอบด้วยภาพเรดาร์และภาพถ่ายดาวเทียม TRMM ดังรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์  
RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY SATELLITE AND RADAR

ข้อมูลปริมาณฝนโทรมาตร

ผลจากการตรวจด้วยเรดาร์

ผลจากการตรวจด้วยภาพ

ดาวเทียม

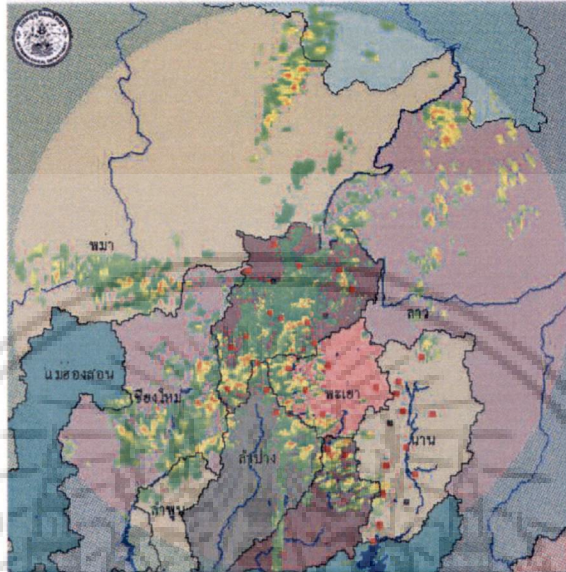
สารเดือนภัย

รายงานสถานการณ์น้ำ

ระบบงานภายใน

ตรวจสอบข้อมูลฝนจากภาพเรดาร์

วันที่ 2011-08-15 เวลา 9 นาฬิกา แสดงข้อมูล แสดงข้อมูลล่าสุดในระบบ



ภาพแสดงค่าเชิงสถานี และ แสดงค่า Max เรดาร์สะสมย้อนหลัง 6 ชั่วโมง  
ตั้งแต่ 03 นาฬิกา วันที่ 15 Aug 2011 ถึง 09 นาฬิกา วันที่ 15 Aug 2011

สถานี	ที่ตั้ง	ฝนรายชั่วโมง (มม.)
MECH	แม่จัน (จ.เชียงใหม่)	0.00
ANL	อุบลราชธานี (อุบลราชธานี)	0.00
DST	ดอกคำใต้ (จ.พะเยา)	1.20
EMN	เชียงใหม่ (เชียงใหม่)	1.20
MMUB	แม่ริม (จ.เชียงใหม่)	2.60
YCHM	พร้าว (จ.เชียงใหม่)	3.20

ปริมาณฝนรายชั่วโมงวัดได้จริงจากโทรมาตร

รูปที่ 5.6 หน้าจอผลการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพเรดาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์  
RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY SATELLITE AND RADAR

ข้อมูลปริมาณฝนโทรมาตร

ผลจากการตรวจด้วยเรดาร์

ผลจากการตรวจด้วยภาพ

ดาวเทียม

สารเดือนภัย

รายงานสถานการณ์น้ำ

ระบบงานภายใน

ตรวจสอบข้อมูลฝนจากข้อมูล TRMM

วันที่ 2011-08-16 เวลา 9 นาฬิกา แสดงข้อมูล แสดงข้อมูลล่าสุดในระบบ

สถานี	ที่ตั้ง	ปริมาณชั่วโมง (mm.) ตรวจสอบ/ปรับแก้ ด้วย TRMM สละม 3 ชั่วโมง	ปริมาณชั่วโมง (mm.) ตรวจสอบ/ปรับแก้ ด้วย TRMM สละม 24 ชั่วโมง
SGKW	สองแคว (จ. น่าน)	0.00	0.00
DIWO	ดอยเวา (จ. เชียงราย)	0.20	0.20
WPPO	เวียงป่าเป้า (จ. เชียงราย)	0.66	0.35
WGKN	เวียงแก่น (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
YGHM	ยางสอม (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
DKTI	ดอยคำใต้ (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
PJVA	ปัว (จ. น่าน)	0.00	0.00
CLPK	เฉลิมพระเกียรติ (จ. น่าน)	0.00	0.00
WBYN	เวียงชัย (จ. พะเยา)	0.70	0.09
MSH	แม่สรวย (จ. เชียงราย)	0.50	0.00
PONG	ปง (จ. พะเยา)	0.00	0.00
HANI	ห้วยน้ำ (จ. น่าน)	0.00	0.00
CGSN	เชียงแสน (จ. เชียงราย)	0.50	0.50
MECH	แม่ใจ (จ. พะเยา)	0.00	0.00
STSK	สันติสุข (จ. น่าน)	0.00	0.00
PYMR	พญาศรี (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
THNG	ทุ่งช้าง (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
TCCO	ทุ่งช้าง (จ. น่าน)	0.38	0.09
CKLG	เชียงกลาง (จ. น่าน)	0.00	0.00
PHMN	ป่าเมี่ยง (จ. น่าน)	0.00	0.00
CGKG	เชียงคาง (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
MCH	แม่ใจ (จ. พะเยา)	0.00	0.00
ELUG	ฮ้างหลวง (จ. น่าน)	0.00	0.00
HSYD	ห้วยสามนาก (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
NMYB	นันทบุรี (จ. น่าน)	0.40	0.40
CGKM	เชียงคาง (จ. พะเยา)	0.00	0.00
BTH	บ้านเทอดไทย (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
GRKJ	จันทก (จ. เชียงราย)	0.00	0.00
HAMTI	ห้วยน้ำ (จ. น่าน)	7.30	0.00
BOKA	บ่อแก้ว (จ. น่าน)	0.00	0.00
MCRM	แม่จริม (จ. น่าน)	0.00	0.00
WGSA	เวียงสา (จ. น่าน)	7.92	1.03
CGMN	เชียงม่วน (จ. พะเยา)	0.00	0.00
PADT	ป่าแดด (จ. เชียงราย)	0.00	0.27

รูปที่ 5.7 หน้าจอผลการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม TRMM

5.2.7 หน้าจอ e-mail เตือนข้อมูลผิดพลาด

เมื่อตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่มีค่ามากกว่า 0 ด้วยภาพเรดาร์และภาพถ่ายดาวเทียม TRMM แล้วผลพบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากโทรมาตรผิดปกติไม่สอดคล้องกับการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินปริมาณน้ำฝนด้วยภาพเรดาร์และปริมาณน้ำฝนสะสมจากภาพสังเคราะห์ TRMM หรือ ปริมาณฝนสะสมรายวันส่งข้อมูลไม่ครบ 24 ครั้ง หรือ ข้อมูลการส่งปริมาณฝนรายชั่วโมงจากโทรมาตรขาดหายไป ระบบจะทำการส่ง email ให้เจ้าหน้าที่โทรมาตร ดังรูปที่ 5.8

#### HAII telemetering alert!

Back to messages

Haii Admin Add to contacts  
To thodsan\_27@hotmail.com

9/21/2011

Reply

From: Haii Admin (admin@haii.or.th)  
Sent: Wednesday, September 21, 2011 3:47:42 PM  
To: thodsan\_27@hotmail.com

Microsoft SmartScreen marked this message as junk and we'll delete it after ten days.  
Wait, it's safe!

#### Telemetering Alert!

Some of these telemetering have a problem. Please verify.

[Query date]  
2011-06-27T09

#### [Stations]

BLUG: Ban Laung (Nan)  
BOKA: Bo Klua (Nan)  
BTTI: Ban Terd-thai (Chiangrai)  
CGMN: Chiang Muan (Phayao)  
DKTI: Dok Kham-tai (Phayao)  
FIMN: Moon dam (Nan)  
MCHI: Mae Jai (Phayao)  
MSUI: Mae Sa-ruay (Chiangrai)  
NANT: Nan (Nan)  
NMUB: Nam Muab (Nan)  
PADT: Pa dad (Chiangrai)

รูปที่ 5.8 หน้าจออีเมลแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่โทรมาตรเมื่อพบข้อมูลผิดพลาด

#### 5.2.8 หน้าจอเตือนภัย

เป็นหน้าจอเตือนภัยปริมาณฝน ที่ระบบแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ เมื่อตรวจพบระดับ ปริมาณน้ำฝนอยู่ในระดับเกณฑ์วิกฤตที่คาดว่าจะเกิดภัยน้ำท่วมจากปริมาณฝน จะแสดงข้อความ ระดับความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วม ดังรูปที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์  
RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY SATELLITE AND RADAR

ข้อมูลปริมาณฝนโทรมาตร

ผลจากการตรวจด้วยเรดาร์

ผลจากการตรวจด้วยภาพ

ดาวเทียม

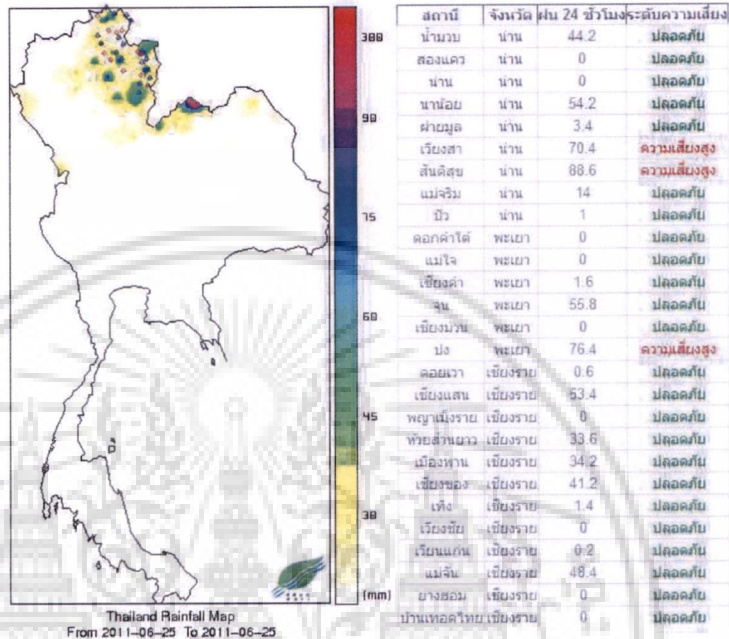
สารเดือนกัญ

รายงานสถานการณ์น้ำ

ระบบงานภายใน

ข้อมูลปริมาณฝนโทรมาตร

วันที่ 2011-08-11 เวลา 7 นาฬิกา ช่วงเวลาเดือนกัญ 1 ชั่วโมง แสดงข้อมูล



รูปที่ 5.9 หน้าจอเตือนภัยปริมาณฝน

5.2.9 หน้าจอระบบงานภายใน

เมื่อเจ้าหน้าที่โทรมาตรเข้าสู่ระบบจะต้องป้อนข้อมูลผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ผ่านทางหน้าจอล็อกอินเข้าสู่ระบบ ดังรูปที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TRMM และข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์  
**RAINFALL TELEMETERING SYSTEM BY SATELLITE AND RADAR**

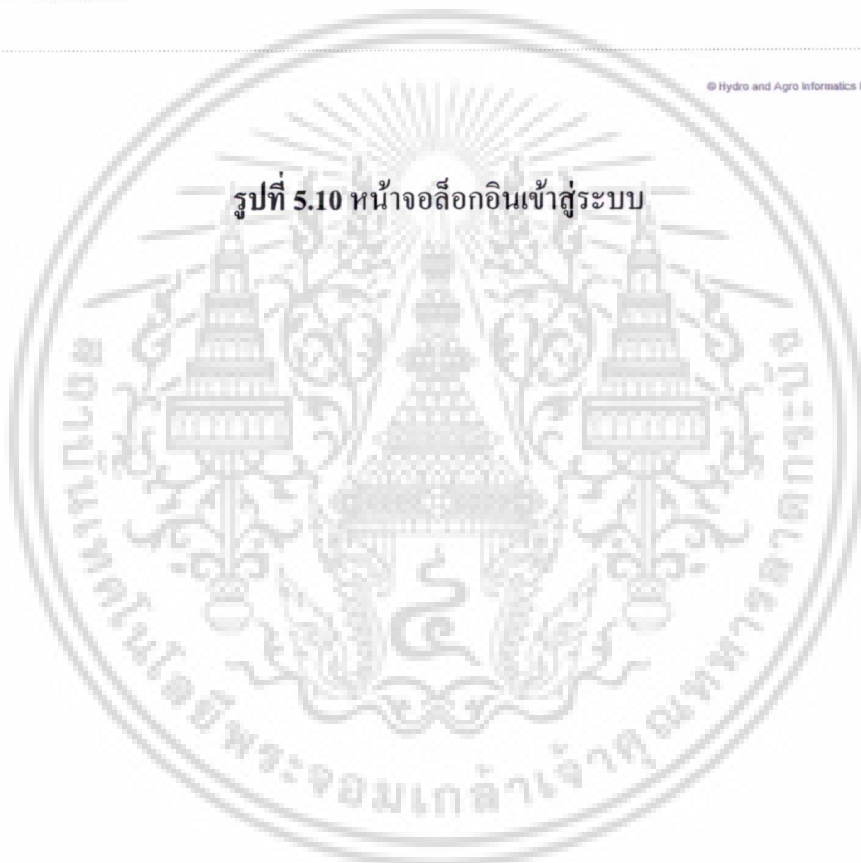
- ข้อมูลปริมาณฝนโทรมาตร
- ผลจากการตรวจด้วยเรดาร์
- ผลจากการตรวจด้วยภาพ
- ดาวเทียม
- สารเดือนมัย
- รายงานสถานการณ์น้ำ
- ระบบงานภายใน

**เข้าสู่ระบบ**

User:   
 Password:

© Hydro and Agro Informatics Institute 2011

**รูปที่ 5.10 หน้าจอล็อกอินเข้าสู่ระบบ**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผลการศึกษา

โครงการฉบับนี้เป็นการศึกษาพัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมTRMM และภาพเรดาร์ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและปรับปรุงประสิทธิภาพขั้นตอนในการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝน โดยศึกษาปัญหาจากการใช้งานระบบปัจจุบัน พบว่ามีปัญหาทางด้านการติดตามสถานะการส่งข้อมูลปริมาณฝน และปัญหาด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่มีต่อผู้ใช้ จึงได้มีการศึกษาความต้องการและแนวทางในการพัฒนาระบบใหม่ ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยใช้ระดับความเข้มของกลุ่มฝนจากข้อมูลภาพถ่ายเรดาร์ตรวจอากาศ แปลงข้อมูลเป็นค่าประมาณปริมาณฝนที่มีแนวโน้มว่าเกิดฝนตกจริงในช่วงเวลาที่สัมพันธ์กัน และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการใช้ข้อมูล โดยมีปรับค่าปริมาณน้ำฝนที่ขาดหายจากการหาค่าฝนเฉลี่ยของแนวโน้มปริมาณฝนสะสมจากภาพถ่ายดาวเทียม TRMM ทั้งยังมีการติดตามสถานะการส่งข้อมูลเพื่อแจ้งความผิดพลาดในการส่งข้อมูลให้กับเจ้าหน้าที่โทรมาตรทราบทาง E-mail ได้นำกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้ยูเอ็มแอลเป็นเครื่องมือในการทำแบบจำลอง โครงสร้างพฤติกรรมของระบบและได้ดำเนินการศึกษาต่อไปในขั้นการออกแบบระบบ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบได้แก่ Microsoft Office Visio 2003 ส่วนการพัฒนาแอปพลิเคชันใช้ Adobe Dreamweaver CS3 ผลของการศึกษาโครงการพัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณฝนด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมTRMM และภาพเรดาร์ สามารถนำมาใช้ออกแบบและพัฒนาระบบจนได้ระบบตรวจสอบข้อมูลขึ้นมาใช้งานได้จริง ซึ่งจะนำระบบตรวจสอบนี้ไปประยุกต์ใช้และปรับปรุงให้ดีขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณฝนให้กับผู้ใช้ต่อไป

### 6.2 ปัญหา ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบคือขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพเรดาร์ คือระบบสื่อสารขัดข้องทำให้ไม่ได้รับสัญญาณภาพ และหากมีการเปลี่ยนแกนแนวสแกนข้อมูลของสถานีเรดาร์ทำให้ระบบต้องปรับเปลี่ยนบางอย่างในการคำนวณความเข้มการกระจายฝน อาจจะต้องเข้าไปแก้ไขถึงโครงสร้างของระบบ ส่วนปัญหาของการนำข้อมูลปริมาณฝนสะสมจากภาพถ่ายดาวเทียมTRMM คือ ไม่สามารถตรวจสอบการเตรียมข้อมูลในการแปลภาพว่าถูกต้องหรือไม่

ข้อจำกัดของระบบตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนด้วยภาพเรดาร์และภาพดาวเทียม TRMM นี้คือ ผู้ใช้งานระบบจะต้องสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้จึงจะสามารถเข้าใช้งานระบบได้ ดังนั้นหาก ผู้ใช้งานระบบไม่ได้อยู่ในพื้นที่ให้บริการอินเทอร์เน็ต ก็จะไม่สามารถเข้าใช้ระบบตรวจสอบข้อมูล ปริมาณฝนด้วยภาพเรดาร์และภาพดาวเทียม TRMM ได้อย่างเต็มที่ และการประมาณปริมาณน้ำจาก เรดาร์ฝนที่มีปริมาณเล็กน้อย สัญญาณเรดาร์อาจตรวจไม่ได้ และสัญญาณอาจถูกรบกวน โดย สิ่งก่อสร้าง สภาพอากาศ ทำให้การประมาณปริมาณน้ำฝนผิดพลาดได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กรมอุตุนิยมวิทยา.2553.ภาพเรดาร์ตรวจอากาศรายชั่วโมง.Avaliabel:www2.tmd.go.th/radar
- จักรกฤษณ์ แสงแก้ว.2550.การเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน.สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- ฉันทิ เดชโยธิน 2551.“การออกแบบและทดสอบใช้งานโปรแกรมประเมินพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการปฏิบัติการฝนหลวง.”กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฝนหลวง สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร สำนักงานลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- ประวิทย์ บุญมั่น.2548.“ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ หลักการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาและหลักการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรม PCI Geomatica V 9.0.3 กรุงเทพฯ”:สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ประเสริฐ อังสุรัตน์ และคณะ.2542. “การคาดคะเนปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาบริเวณประเทศไทย.”สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม
- พงศกร จิวภรณ์คุปต์.2552.“การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม FY-2C เพื่อการประเมินปริมาณน้ำฝน.”วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- มณฑล จิตเอื้ออารีกุล.2547.“การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับกรุงเทพมหานครในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ.” วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุจริต คุณชนกุลวงศ์ และคณะ.2550 “การประเมินและพยากรณ์น้ำฝนจากข้อมูลระยะไกล.”หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Adibi,M.M.,Clements K.A., Kafka R.J. and Stovall, J.P.1990.**Remote Measurement calibration.**IEEE 085-0156/90/1000-0037
- Chadrakar,V. Alqudah,A. and Wang,Y.2008. “**Hybrid Network Technique to Estimate Rainfall from TRMM Measurements**” Colorado State University
- Doviak, R.J, and Zmic, D.S.**Doppler Radar and Weather Observation 2<sup>nd</sup>** ed, New Jersey: Academic Press,1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Environmental System Research Institute, Inc. 1994. **Understanding GIS-The Arc/Info Method.**

Environmental System Research Institute, Inc.

Environmental System Research Institute, Inc. **ArcNews.** Vol.17, no.2, pp.9.

Joss, J. and Waldvogel, A. 1990. **Precipitation measurement and hydrology.** Meteorology. Soc, Boston.

Lee and Dong-In. 2000. **Radar Meteorology Laboratory Rain from Doppler Radar data.** [Online]. Available: [www.docstoc.com/docs/38938689/Radar-Meteorology-Laboratory-Rain-from-Doppler-Radar-data](http://www.docstoc.com/docs/38938689/Radar-Meteorology-Laboratory-Rain-from-Doppler-Radar-data)

Marshall, T.J. and Holmes, J.W. 1979. **Soil physics.** Cambridge University Press.

Matin, J. Malkomes M., Saadi M. and Zaidouni, T. 2010. **The Morocco weather radar modernization project and national network operation results.** ERAD 2010

Mapiam, P.P and Nutchant, S. 2008. **Climatological Z-R relationship for radar rainfall estimation in the upper Ping river basin .** Kasetsart University.

Rochette, M. 2001. **Basic Principles of Weather Radar.** [Online]. Available: <http://vortex.weather.brockport.edu/~rochette/radar.ppt>

Veness, C. and Eisner, J. 2002-2006. **Calculate distance and bearing between two Latitude /Longitude points.** [Online]. Available: [www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html](http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html)

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวทิพย์วรรณ ทอดแสน
วันเดือนปีเกิด	22 มีนาคม 2526
ที่อยู่	กองงานส่วนพระองค์ วังไกลกังวล ถนนเลียบริมอ่าวหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77110
ประวัติการศึกษา	2548 มหาวิทยาลัยราชภัฏเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ วิทยาเขต วังไกลกังวล คณะบริหารธุรกิจ สาขาาระบบสารสนเทศ
ประสบการณ์การทำงาน	2553 – ปัจจุบัน สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้