

## บทที่ 2

### ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 คุณสมบัติทั่วไปของสัญญาณแบบ APT

ระบบ Automatic Picture Transmission (APT) เป็นการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง Advance Very High Resolution Radiometer (AVHRR) ซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจวัดประเภทหนึ่งที่มีการตรวจวัดข้อมูลจำนวน 5 ช่วงคลื่นดังแสดงในตารางที่ 2.1 ที่ติดตั้งไว้บนดาวเทียม NOAA ข้อมูล APT มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) ของภาพค่อนข้างต่ำคือประมาณ 4 กิโลเมตร หรือครอบคลุมพื้นที่ 16 ตารางกิโลเมตรต่อพิกเซล (Pixel) ข้อมูล APT นี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจำนวน 2 ช่วงคลื่นจาก 5 ช่วงคลื่นของเครื่อง AVHRR ในขณะที่ดาวเทียม NOAA โคจรผ่าน ณ ตำแหน่งใดๆ บนพื้นโลก ช่วงคลื่นที่ได้จากข้อมูล APT ในเวลากลางวันจะเป็นช่วงแสงอินฟราเรดใกล้ (NIR) หรือช่วงคลื่นที่ 2 และช่วงแสงอินฟราเรดความร้อน (TIR) หรือช่วงคลื่นที่ 4 แต่บางช่วงเวลาอาจจะเปลี่ยนเป็นช่วงคลื่นแสงขาวและช่วงแสงอินฟราเรดใกล้ แต่เมื่อช่วงเวลา ที่ดาวเทียมโคจรผ่านเป็นเวลากลางคืนข้อมูล APT ที่ได้จากเครื่อง AVHRR จะเป็นช่วงแสงอินฟราเรดทั้ง 2 ช่วงคลื่นคือช่วงคลื่นที่ 3 และ 4 (Timestep, 2004) การควบคุมการเลือกใช้ช่วงคลื่นใดในการตรวจวัดนั้นจะถูกควบคุมการทำงานโดยสถานีควบคุมภาคพื้นดินของ NOAA ผู้รับข้อมูลแบบ APT ไม่สามารถกำหนดช่วงคลื่นที่ต้องการได้เอง

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะการตรวจวัดช่วงคลื่นของเครื่อง AVHRR/3

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	การนำไปใช้ประโยชน์
1	0.55 – 0.68	การทำแผนที่เมฆ และพื้นดินในเวลากลางวัน
2	0.73 – 1.10	การละลายของหิมะ, น้ำแข็ง และการวิเคราะห์แหล่งน้ำบนพื้นดิน
3A	1.57 – 1.64	แยกแยะเมฆ และน้ำแข็ง ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของพื้นดินได้ดี
3B	3.55 – 3.93	การทำแผนที่เมฆในเวลากลางคืน และการวิเคราะห์อุณหภูมิผิวน้ำทะเล
4	10.30 – 11.30	การทำแผนที่เมฆในเวลากลางวัน และกลางคืน และการวิเคราะห์อุณหภูมิผิวน้ำทะเล
5	11.50 – 12.50	การทำแผนที่เมฆในเวลากลางวัน และกลางคืน และการวิเคราะห์อุณหภูมิผิวน้ำทะเล

หมายเหตุ แบบด์ 3A มีอยู่บนดาวเทียม NOAA-15 และ NOAA-16 เท่านั้น

ที่มา : The National Environmental Satellite, Data, and Information Service, 2010

สัญญาณแบบ APT ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม NOAA นั้นจะเป็นสัญญาณที่แพร่กระจายแบบต่อเนื่อง ลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณแบบอนาล็อก (Analog) สามารถรับสัญญาณได้โดยง่ายจากสถานีภาคพื้นดิน ซึ่งมีระบบการรับสัญญาณที่ไม่ซับซ้อน ราคาของอุปกรณ์รับสัญญาณไม่สูงมากนัก และสามารถติดตั้งได้ง่าย สัญญาณที่รับได้จากสถานีภาคพื้นดินจะเป็นข้อมูลจริง ณ เวลานั้นๆ (Real Time) ในขณะที่ดาวเทียม NOAA โคจรผ่านในรัศมีครอบคลุมของสัญญาณวิทยุที่ส่งลงมาจากดาวเทียม NOAA (NOAA, 2000) หรือครอบคลุมพื้นที่ในระยะทางประมาณ 1,500 กิโลเมตร โดยรอบสถานีรับสัญญาณ สัญญาณแบบ APT นั้นมีลักษณะการผสมข้อมูลที่ได้จากเครื่อง AVHRR กับความถี่พาหะย่อย (Subcarrier) 2,400 เฮิร์ตซ์ ในลักษณะการผสมคลื่นแบบ AM (Amplitude Modulation) โดยมีดัชนีการมอดูเลต 87 % คลาดเคลื่อนได้ +/- 5 % ซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 92 % และนำความถี่พาหะย่อยนี้มาผสมคลื่นกับความถี่พาหะหลัก (Carrier) ในช่วงความถี่ประมาณ 137 ถึง 138 เม็กกะเฮิร์ตซ์ โดยผสมคลื่นแบบ FM (Frequency Modulation)

ในปัจจุบันดาวเทียม NOAA แต่ละดวงได้ส่งสัญญาณแบบ APT ลงมายังโลกที่ความถี่วิทยุที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความถี่พาหะของสัญญาณแบบ APT ของดาวเทียม NOAA ดวงต่างๆ

ดาวเทียม NOAA	ความถี่พาหะ (เม็กกะเฮิร์ตซ์)
NOAA 15	137.5000
NOAA 17	137.6200
NOAA 18	137.9125
NOAA 19	137.1000

ที่มา : Office of satellite operations, 2010

## 2.2 ระบบรับสัญญาณแบบ APT

ระบบรับสัญญาณแบบ APT เป็นระบบที่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ไม่มากและไม่ยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากสัญญาณแบบ APT ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม NOAA นั้นเป็นสัญญาณแบบอนาล็อก (Analog) และใช้ความถี่ส่งในย่านความถี่สูงมาก (Very High Frequency : VHF) ในช่วงความถี่ 137 – 138 เม็กกะเฮิร์ตซ์ ระบบรับสัญญาณแบบ APT แสดงในภาพที่ 2.1 ประกอบด้วย

1. สายอากาศแบบรับสัญญาณได้รอบตัว (Omnidirectional Antenna)
2. เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Receiver) ย่านความถี่ 137 – 138 เม็กกะเฮิร์ตซ์

### 3. เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมถอดรหัสภาพ APT (Computer and APT Decoder Software)

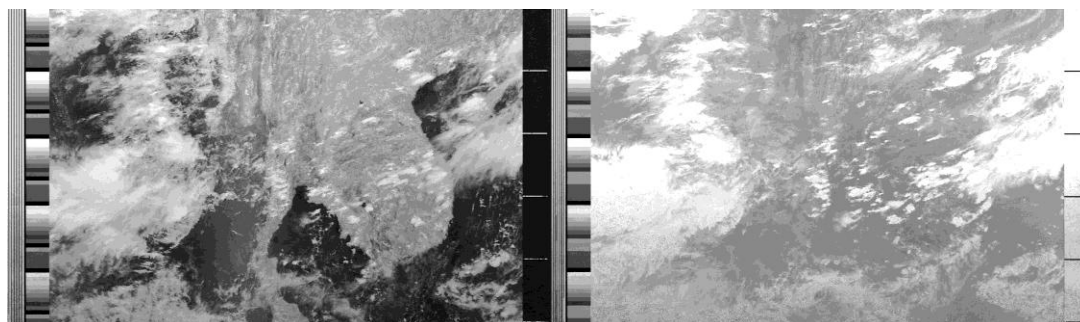


ภาพที่ 2.1 ระบบรับสัญญาณแบบ APT

#### 2.3 การทำงานของระบบรับสัญญาณแบบ APT

เครื่องส่งสัญญาณแบบ APT ซึ่งมีกำลังส่งประมาณ 5 วัตต์บนดาวเทียม NOAA จะส่งสัญญาณข้อมูลซึ่งตรวจวัดที่ได้จากเครื่อง AVHRR ในแบบ APT ลงมายังพื้นโลก ที่สถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินจะสามารถรับสัญญาณดังกล่าวได้โดยใช้สายอากาศแบบรับสัญญาณได้รอบตัว (Omnidirectional Antenna) ที่ติดตั้งไว้แบบประจำที่ สัญญาณที่ส่งลงมาจากดาวเทียม NOAA เมื่อมาถึงสายอากาศอาจมีขนาดความแรงของสัญญาณน้อยลงไม่เพียงพอที่เครื่องรับสัญญาณวิทยุจะรับสัญญาณได้ดี จึงจำเป็นต้องเพิ่มตัวขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF Preamplifier) ในย่านความถี่ 136 -138 เม็กกะเฮิร์ตซ์ เข้าไประหว่างสายอากาศกับเครื่องรับสัญญาณวิทยุ เพื่อใช้ขยายสัญญาณให้มีขนาดที่สูงขึ้นเพียงพอที่เครื่องรับสัญญาณวิทยุจะสามารถรับสัญญาณได้ สำหรับเครื่องรับสัญญาณวิทยุที่ใช้รับสัญญาณแบบ APT เป็นเครื่องรับสัญญาณวิทยุในย่านความถี่ 136 – 138 เม็กกะเฮิร์ตซ์ มีการถอดสัญญาณผสมคลื่นแบบ FM มีแบนด์วิดท์ของสัญญาณประมาณ 35 – 40 กิโลเฮิร์ตซ์ เมื่อต่อสายนำสัญญาณจากสายอากาศเข้ากับเครื่องรับสัญญาณเรียบร้อยแล้ว ปรับความถี่ของเครื่องรับสัญญาณวิทยุให้ตรงกับความถี่ของสัญญาณแบบ APT ที่ดาวเทียม NOAA แต่ละดวงส่งลงมายังโลก ดังแสดงในตารางที่ 2.2 เมื่อเครื่องรับสัญญาณวิทยุสามารถรับสัญญาณได้ จะนำสัญญาณเสียงที่เครื่องรับสัญญาณวิทยุรับนี้ต่อไปยังอินพุทของการ์ดเสียง (Sound Card) ในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกเสียงของสัญญาณแบบ APT เก็บไว้ หรือเพื่อถอดรหัสประมวลผลเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียม ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการถอดรหัสเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบ APT นั้นมีอยู่หลายโปรแกรมทั้งที่เป็นโปรแกรมฟรี (Freeware), โปรแกรมแบ่งปัน (Shareware) และโปรแกรมธุรกิจ (Commercial software) เช่น Wxtoimg, Prosat, Wxsat, JVComm32, Sky-eye เป็นต้น ซึ่ง

โปรแกรมแต่ละชนิดก็มีฟังก์ชันการใช้งานที่แตกต่างกันไปเช่นการแก้ไขภาพ, การปรับแต่งภาพ, การจำแนกข้อมูลภาพ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เป็นต้น ภาพที่โปรแกรมต่างๆ ถอดรหัสและประมวลผลได้จะมี 2 ช่วงคลื่นตามสัญญาณแบบ APT ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม NOAA ดังแสดงในภาพที่ 2.2 จากนั้นก็สามารถนำภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบ APT ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ตามที่ต้องการต่อไป



ช่วงแสงอินฟราเรดใกล้

ช่วงแสงอินฟราเรดความร้อน

ภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบ APT

## 2.4 การจำแนกเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลสำหรับการตรวจวัดน้ำฟ้า

การจำแนกเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลสำหรับการตรวจวัดน้ำฟ้า นั้น เป็นการจำแนกเทคนิคต่างๆ เพื่อแยกฝนที่ตกออกจากเมฆที่ไม่มีฝน โดยใช้เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลแบบต่างๆ เช่น

### 1. การรับรู้จากระยะไกลแบบเฉื่อย (Passive Remote sensing) ได้แก่

1.1 เทคนิคการใช้คลื่นในช่วงแสงขาวและอินฟราเรด (Visible and Infrared Technique)

1.2 เทคนิคการใช้ไมโครเวฟ (Microwave Technique)

2. การรับรู้จากระยะไกลแบบขั้ว (Active Remote sensing) ได้แก่ เทคนิคการการใช้เรดาร์ (Radar Technique)

3. การรับรู้จากระยะไกลแบบอื่นๆ ได้แก่ การใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Rain Gauges)

### 2.4.1 เทคนิคการใช้คลื่นในช่วงแสงขาวและอินฟราเรดตรวจวัดน้ำฟ้า

เมฆนั้นมีคุณสมบัติที่ไม่โปร่งแสงในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด ทำให้ไม่สามารถใช้เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดวัดน้ำฝนได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้คุณสมบัติของเมฆที่วัดได้ในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดในการตรวจวัดน้ำฟ้า โดยมีเทคนิคต่างๆ เช่น

1. เทคนิคดัชนีเมฆ (Cloud Indexing Technique) เทคนิคนี้พัฒนาขึ้นโดย Barrett ในปี ค.ศ. 1970 หลักการของเทคนิคดัชนีเมฆจะกำหนดอัตราฝนของเมฆแต่ละชนิด โดยใช้สมการ

$$R_r = \sum_i r_i f_i$$

เมื่อ  $R_r$  คืออัตราฝนตก

$r_i$  คืออัตราฝนที่กำหนดโดยชนิดของเมฆ  $i$

$f_i$  คือส่วนหนึ่งของช่วงเวลา หรือส่วนหนึ่งของพื้นที่ที่ปกคลุมโดยเมฆชนิด  $i$

2. เทคนิคการสะท้อนแสงของเมฆในช่วงคลื่นแสงขาว (Cloud Visible Reflection Technique) เทคนิคนี้พัฒนาขึ้นโดย Kilonsky และ Ramage ในปี ค.ศ. 1970 สำหรับหลักการของเทคนิคการสะท้อนแสงของเมฆในช่วงคลื่นแสงขาว คือเมฆที่มีการสะท้อนแสงในช่วงแสงขาวสูงมีโอกาสมากที่จะเป็นน้ำฟ้า เพราะการสะท้อนแสงนั้นจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสง (Optical Depth) และความหนาแน่น หรือความทึบของเมฆ (Cloud Thickness)

สมการสำหรับการหาฝนตกในมหาสมุทรเขตร้อน (Tropical Oceanic) นั้น คิดค้นโดย Garcia ในปี ค.ศ. 1981 โดยมีสมการดังนี้

$$R_r = 62.6 + 37.4N_d$$

เมื่อ  $R_r$  คือปริมาณฝนตกรายเดือน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$N_d$  คือจำนวนวันในรอบเดือนที่ปกคลุมด้วยเมฆที่มีการสะท้อนแสงสูง

3. เทคนิค OLR (Outgoing Longwave Radiation Technique) พัฒนาโดย Arkin ในปี ค.ศ. 1979 เทคนิคนี้ใช้ประมาณการน้ำฟ้าสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับภูมิอากาศ หลักการของเทคนิคนี้คือเมฆที่มีความเย็น (อุณหภูมิต่ำ) ในภาพช่วงคลื่นอินฟราเรดมีโอกาสมากที่จะเป็นน้ำฟ้ามากกว่าเมฆที่มีความอุ่น (อุณหภูมิสูง) เพราะเมฆที่มีความเย็นจะอยู่สูงกว่า ยกเว้นเมฆเซอร์รัส

4. เทคนิค GPI (GOES Precipitation Index Technique) เทคนิคนี้ใช้สำหรับพื้นที่มหาสมุทรแอตแลนติกเขตร้อน โดยมีสมการดังนี้

$$GPI = 3A_c t$$

เมื่อ  $GPI$  คือค่ากลาง(Mean) ของปริมาณฝนตก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$A_c$  คือส่วนของพื้นที่ของเมฆที่มีความเย็นกว่า 235 K ในพื้นที่  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$

$t$  คือคาบเวลามีหน่วยเป็นชั่วโมง

5. เทคนิค 2 ช่วงคลื่น (Bispectral Technique) หลักการของเทคนิคนี้คือการใช้เทคนิค 2 ช่วงคลื่นในการวิเคราะห์ คือเมฆที่มีความน่าจะเป็นสูงที่จะเกิดฝนคือเมฆที่มีความเย็นในภาพช่วงคลื่นแสงอินฟราเรด หรือมีความสว่างอุณหภูมิต่ำในช่วงคลื่นอินฟราเรดมาก และเมฆที่มีความสว่างในภาพแสงขาวหรือมีการสะท้อนแสงขาวมาก

6. เทคนิคแบบจำลองเมฆ (Cloud Model Technique) หลักการของเทคนิคแบบจำลองเมฆคือใช้แบบจำลองเมฆที่มีความสัมพันธ์กับภาพดาวเทียมในช่วงแสงขาว และอินฟราเรดในการสังเกตน้ำฟ้า

#### 2.4.2 การใช้คลื่นในช่วงไมโครเวฟสำหรับการตรวจวัดน้ำฟ้า

หลักการของการใช้คลื่นในช่วงไมโครเวฟสำหรับการตรวจวัดน้ำฟ้าคือ ผลึกน้ำแข็งจะทำให้คลื่นไมโครเวฟกระจัดกระจายและไม่มีการดูดซับการแผ่กระจายคลื่น และหยอดน้ำฝนจะทำให้คลื่นไมโครเวฟกระจัดกระจายและดูดซับการแผ่กระจายคลื่น การดูดซับการแผ่กระจายคลื่นไมโครเวฟนั้นจะมีความสัมพันธ์กับหยอดฝนและความสว่างอุณหภูมิต่ำที่วัดได้จากเครื่องวัด

ไมโครเวฟแบบเฉื่อย (Passive Microwave Radiometer)

ข้อดีของการใช้คลื่นในช่วงไมโครเวฟตรวจวัดน้ำฟ้า

1. คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุเข้าไปในกลุ่มเมฆได้ เพราะก้อนเมฆเล็กๆ นั้นมีผลกระทบต่อการแผ่รังสีในช่วงคลื่นไมโครเวฟน้อยมาก
2. ขนาดของเม็ดฝนจะมีผลกระทบต่อรังสีในช่วงคลื่นไมโครเวฟ

ข้อเสียของการใช้คลื่นในช่วงไมโครเวฟตรวจวัดน้ำฟ้า

1. เครื่องวัดช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Radiometer) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ
2. มีผลกระทบจากผลึกน้ำแข็งทำให้เกิดการกระจัดกระจายของคลื่นไมโครเวฟ

#### 2.5 วิธีการตรวจวัดเมฆแบบต่างๆ

1. ใช้ซาวด์เดออร์ (Sonder) การศึกษาคุณสมบัติของเมฆนั้นเป็นสิ่งที่สนใจของนักอุตุนิยมวิทยาและนักสมุทรศาสตร์ ซึ่งได้ใช้ซาวด์เดออร์ในการได้กลับคืนมาของข้อมูลเช่น อุณหภูมิของยอดเมฆ (Cloud Top Temperature), ความสูงของยอดเมฆ (Cloud Top Height) และปริมาณของเมฆ (Cloud Amount) นอกจากนั้นยังสนใจคุณสมบัติการสะท้อนและการแผ่รังสีของเมฆ (Reflectance and Emittance of Cloud)

2. ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นการประมาณการเมฆโดยใช้หน้าต่างของช่วงคลื่น (Window Channels) ต่างๆ การใช้ภาพถ่ายนั้นจะมีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่สูงกว่าซาวด์เดออร์ เทคนิคในการตรวจวัดเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียมนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น

2.1 เทคนิคระดับขีดสุด (Threshold Technique) เป็นเทคนิคที่ง่าย ใช้กันมานานแล้ว วัตถุประสงค์ของเทคนิคนี้คือการแยกข้อมูลของเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยมีหลักการคือ

กำหนดระดับขีดสุดของความสว่างอุณหภูมิ (Brightness Temperature Threshold) ในช่วงแสงขาว และอินฟราเรด (Visible and Infrared) ถ้าพิกเซล (Pixel) ใดของภาพสว่างกว่าระดับขีดสุดจะสันนิษฐานว่าพิกเซลนั้นมีเมฆปกคลุมอยู่ สำหรับความสูงของเมฆนั้นสามารถหาได้จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิของพิกเซลภาพอินฟราเรด (Infrared temperature a Pixel) กับข้อมูลจากซาวด์เดอร์

2.2 เทคนิค Histogram (Histogram Technique) เทคนิคนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการตรวจวัดเมฆต่อจากเทคนิคระดับขีดสุด แนวความคิดของเทคนิค Histogram คือ Histogram ของจุดภาพจะแสดงกลุ่มของจุดภาพซึ่งแสดงว่าเป็นเมฆ หรือพื้นดิน

3. เทคนิคแบบแผนการจำได้ (Pattern Recognition Technique) เทคนิคนี้จะพยายามจำแนกกลุ่มของจุดภาพที่คล้ายกันเป็นกลุ่มเดียวกัน ถ้าพื้นที่ที่สว่างจะวิเคราะห์ว่าพื้นที่นั้นเต็มไปด้วยก้อนเมฆ และพื้นที่ที่มีมืดก็แสดงว่าเป็นพื้นที่ปลอดโปร่ง

4. เทคนิคส่งถ่ายการแผ่รังสี (Radiative Transfer Temperature Technique) เทคนิคนี้ถูกใช้กับข้อมูล AVHRR ในการได้ข้อมูลกลับมาเป็นอุณหภูมิยอดเมฆ (Cloud Top Temperature), ปริมาณเมฆ (Cloud Amount), ขนาดของเมฆ (Cloud Drop Size) เป็นต้น

5. เทคนิคเรขาคณิต (Geometric Technique) การรับรู้จากระยะไกลของคุณสมบัติเมฆนั้นมีความซับซ้อนอย่างมาก เนื่องจากเมฆมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งเวลาและพื้นที่ ความแตกต่างที่ใกล้เคียงกันของความสูงเมฆนั้นก็สามารถวัดได้จากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้วิธีการทางเรขาคณิต เทคนิคหนึ่งที่น่ามาใช้คือใช้มุมของดาวอาทิตย์ที่ต่ำเพื่อวิเคราะห์เงาของเมฆบนพื้นโลก เทคนิคนี้มีประโยชน์มากในวิธีดูภาพให้เห็นเด่นชัด (Stereoscopy) นำไปสู่การดูภาพเมฆเดียวกันอย่างอิสระจากกันจากดาวเทียมดวงต่างๆ

## 2.6 การทบทวนวรรณกรรม/ สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

V. Pestemalci, H.M. Kandirmaz, I. Yegingil และ B. Y. Yildiz (2004) ได้ใช้ข้อมูลภาพ APT จากดาวเทียม NOAA ศึกษาการหาค่าอุณหภูมิของพื้นดินในคูคูโรวา ประเทศตุรกี โดยใช้ภาพอินฟราเรดความร้อน (TIR) ช่วงคลื่นที่ 4 ของภาพ APT มาทำการปรับแต่งและคำนวณ จากค่าความสว่างของภาพมาเป็นค่าอุณหภูมิและนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดอุณหภูมิภาคพื้นดินในขณะเดียว กับรับข้อมูลภาพ APT ผลที่ได้จากการศึกษานั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ภาพ APT กับการวัดจากภาคพื้นดิน จะได้ค่าอุณหภูมิที่มีค่าความผิดพลาดจากค่าที่วัดได้จากภาคพื้นดินประมาณ 1.2 องศาเซลเซียส และมีค่า Correlation coefficient เท่ากับ 0.97 ซึ่งค่าผิดพลาดนั้นเกิดจากภาพ APT ที่รับได้ในบางวันนั้นมีเมฆปกคลุมพื้นดินเป็นจำนวนมาก ทำให้การคำนวณค่าอุณหภูมิที่พื้นดินเกิดความผิดพลาด จากการศึกษาสรุป

ได้ว่าสามารถนำข้อมูลภาพ APT มาใช้ในการหาค่าอุณหภูมิของพื้นดินได้ผลดี มีค่าความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนั้นยังสามารถนำภาพ APT ไปพัฒนาทำแผนที่อุณหภูมิของพื้นดินเพื่อใช้งานทางด้านการศึกษาการเกษตรกรรมได้อีกด้วย

Uta Heinzmann (1993) ได้วิเคราะห์และจำแนกชนิดของเมฆโดยใช้ข้อมูล NOAA/AVHRR/APT โดยทำการศึกษาบริเวณตอนกลางของทวีปยุโรป การจำแนกชนิดของเมฆใช้เทคนิคฟัซซี่โลจิก (Fuzzy logic classification technique) โดยสามารถจำแนกเมฆออกได้เป็น 6 ประเภทคือ

1. Cloud cover 100 %
2. Cloud cover 0 %
3. Convective cloud caused by topography
4. Low stratus
5. Small, Low density cumulus cells
6. Mean cloud cover

ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าข้อมูล NOAA/APT นั้นเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภทของเมฆในพื้นที่ระดับภูมิภาคเนื่องจากข้อมูลภาพ APT นั้นมีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำเมื่อเทียบกับการนำข้อมูลดาวเทียมแบบอื่นมาใช้

จากงานวิจัยทั้ง 2 เรื่องของ Pestmalci, et al. และ Heinzmann พอที่จะสรุปได้ว่าข้อมูล APT จากดาวเทียม NOAA นั้นเป็นข้อมูลราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากดาวเทียมดวงอื่นๆ และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกเมฆ และความชื้นของน้ำทะเลในระดับภูมิภาค เนื่องจากข้อมูล APT มีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ แต่ก็ได้ผลที่มีความผิดพลาดค่อนข้างต่ำและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้อีกด้วย

L Billa, S. B. Mansor และ A. R. Mahamud (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฟ้าโดยใช้เทคนิค Cloud-based จากข้อมูล AVHRR วิธีการศึกษาคือการจำแนกเมฆคิวมูรัส (Cumulus) จากภาพจากดาวเทียม NOAA-12 โดยใช้โปรแกรม eCognition object-oriented image classification โดยใช้ภาพที่ได้จากเครื่องตรวจวัด AVHRR ในช่วงแบนด์ 1, 2 และ 4 มาผสมเป็นภาพสีผสมเท็จ เมื่อใช้โปรแกรม eCognition object-oriented image classification จำแนกเมฆจากภาพสีผสมเท็จดังกล่าวจะสามารถจำแนกข้อมูลออกได้เป็น 5 กลุ่มคือพื้นดิน, ทะเล, เมฆสเตรตัส (Stratus), กลุ่มเมฆระดับกลาง และเมฆเซอร์รัส (Cirrus) แต่เมื่อจำแนกเมฆจากภาพสีผสมเท็จในช่วงแบนด์ 3, 4 และ 5 ซึ่งเป็นช่วงอินฟราเรดใกล้ และอินฟราเรดความร้อนนั้นจะสามารถจำแนกเมฆได้ชัดเจนกว่าจากนั้นใช้เทคนิค Bi-spectral ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเย็น (Cold temperature) กับความสว่างอุณหภูมิ (Brightness temperature) ของเมฆ หากความน่าจะเป็นของเมฆที่ก่อให้เกิดน้ำฟ้า ภาพในช่วงอินฟราเรดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 235 K จะแสดงว่าเป็นเมฆคิวมู



โลนิมบัส (Cumulonimbus) ซึ่งมีความน่าจะเป็นสูงที่จะเป็นน้ำฟ้า สำหรับส่วนที่มีความน่าจะเป็นน้ำฟ้าต่ำก็คือส่วนที่มีอุณหภูมิสูง กลุ่มนี้จะเป็นเมฆสเตรตัส (stratus) และ เซอร์รัส (Cirrus) ที่ไม่มีน้ำฟ้า เมฆที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่า Threshold 235 K จะแสดงว่าจะมีฝน ความแรงและขนาดของกลุ่มฝนสามารถหาได้หลังจากทำการ Enhancement และ Filter แล้วแปลความหมายของเมฆ การประมาณการฝนตกด้วยวิธีนี้มีสมมุติฐานว่าทุกๆ พิกเซลของเมฆจะมีค่าคงที่ของอัตราฝนที่ 3 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และใช้กับพื้นที่  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  รอบๆ เส้นศูนย์สูตร

M. S. Suh, J. R. Lee และ C. H. Kwak (2004) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการประมาณการฝนตกทั่วประเทศเกาหลีโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม GOES 9 เทคนิคของการประมาณการฝนตกในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดของดาวเทียม GOES 8 และ 9 มาคำนวณหาค่าปริมาณฝนตกแบบเวลาจริง (Real-time) วิธีการในการวิจัยคือได้เลือกเหตุการณ์ที่ฝนตกหนักจำนวน 8 ครั้ง และใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศจำนวน 400 จุด ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ สำหรับวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราฝนตกกับอุณหภูมิยอดเมฆ (Cloud top temperature) ส่วนภาพดาวเทียม GOES ที่นำมาใช้นั้นเป็นภาพในช่วงคลื่นอินฟราเรดมีความยาวคลื่นระหว่าง  $10.2 - 11.2 \mu\text{m}$  ข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดนั้นมีช่วงระยะห่างกันของข้อมูลทุกๆ 1 นาที และแต่ละสถานีตรวจวัดจะมีระยะห่างกันประมาณ 16 กิโลเมตร เมื่อได้ค่าต่างๆ จากสถานีตรวจวัดแล้วก็จะนำมาหาค่าประมาณการอัตราฝนตก โดยวิธีการทางสถิติ

Saisunee Budhakooncharoen (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณการฝนตกสำหรับการจัดการน้ำท่วมโดยใช้ภาพจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักโดยใช้ภาพจากดาวเทียม GMS-5 และการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาที่สถานีตรวจวัดปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนของปี 1997 และ 1998 วิธีการศึกษาการประมาณการฝนตกคือหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cloud top temperature จากภาพจากดาวเทียม GMS-5 ในช่วงคลื่นอินฟราเรดกับค่าอัตราฝนตกในช่วง 3 ชั่วโมงที่วัดได้จริงจากสถานีตรวจวัดปริมาณฝน 3 สถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักดังนี้ 1. สถานีอำเภอเมือง 2. สถานีอำเภอหล่มสัก และ 3. สถานีอำเภอวิเชียรบุรี ในการศึกษาได้กำหนดที่จะศึกษาเฉพาะค่าอัตราฝนตกในช่วง 3 ชั่วโมงที่มีค่ามากกว่า 10 มิลลิเมตรต่อ 3 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณหาค่าอัตราฝนตกหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อ 3 ชั่วโมง ของแต่ละสถานี

Flaviana D. Hilario (1998) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณการฝนตกในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยใช้ภาพในช่วงคลื่นแสงขาว และอินฟราเรดจากดาวเทียม GMS โดยภาพที่ใช้นั้นจะมีระยะห่างของช่วงเวลา 3 ชั่วโมง และข้อมูลฝนตกรายชั่วโมงที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดน้ำฝน วิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่มีฝนตกจากภาพในช่วงแสงอินฟราเรดหลังจากรับภาพ  $\frac{1}{2}$  และ 2.5 ชั่วโมง สามารถวิเคราะห์ได้ว่าภาพที่มีค่าความสว่างของแสงอินฟราเรดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 190 ความน่าจะเป็นที่ฝนจะตกภายใน  $\frac{1}{2}$  ชั่วโมงต่อไปน้อยมาก แต่สำหรับภาพที่มีค่าความสว่างของแสง

อินฟราเรดสูงมากๆ (236-240) จะมีความน่าจะเป็นที่จะมีฝนตกภายใน ½ ชั่วโมงสูงมาก สำหรับผลของช่วงเวลา 2.5 ชั่วโมงภายหลังจากที่รับภาพนั้นมีลักษณะของความน่าจะเป็นที่ฝนจะตกคล้ายกับช่วงเวลา ½ ชั่วโมง ส่วนความน่าจะเป็นที่มีฝนตกจากภาพในช่วงแสงขาวหลังจากรับภาพ ½ และ 2.5 ชั่วโมง ซึ่งผลที่ได้ก็มีลักษณะเช่นเดียวกับภาพในช่วงแสงอินฟราเรด คือภาพที่มีค่าความสว่างของแสงขาวสูงก็จะมีความน่าจะเป็นที่มีฝนสูงขึ้นด้วย