



เอกสารประกอบการบรรยาย

หลักสูตรเจ้าหน้าที่ช่างอากาศ พ.ศ.๒๕๖๕

วิชา การแปลความภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

กองช่างอากาศ

กองบัญชาการควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. มีความรู้เกี่ยวกับชนิดของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และหลักการทำงานเบื้องต้น
๒. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา
๓. มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาการแปลความภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

สมรรถนะรายวิชา

๑. สามารถอธิบายถึงชนิดของดาวเทียมและหลักการทำงานเบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง
๒. สามารถแปลความเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาได้อย่างถูกต้อง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาการจำแนกชนิดของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ชนิดของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา การเน้นลำดับความเข้ม ข้อจำกัดของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาและการแปลความเมฆ

คำนำ

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจัดเป็นเครื่องมือช่วยในการติดตามสภาพอากาศปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้สามารถติดตามผลการตรวจอากาศด้วยดาวเทียมผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้สะดวกและรวดเร็วและมีการอัปเดตข้อมูลทุก ๆ ๑๕ นาที นับว่าเป็นประโยชน์อย่างมากที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการติดตามสภาพอากาศและคาดการณ์สภาพอากาศในระยะสั้นได้ สารสำคัญที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามีความหลากหลาย แต่ในเอกสารประกอบการบรรยายนี้ขอกว่าเฉพาะการแปลความเมฆเท่านั้น ส่วนรายละเอียดด้านอื่นๆ จะกล่าวไว้ในการศึกษาในระดับสูงต่อไป

เอกสารประกอบการบรรยายการแปลความภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นเพื่อมุ่งให้ความรู้กับผู้เข้ารับการศึกษานในหลักสูตรเจ้าหน้าที่ข่าวอากาศ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเจ้าหน้าที่พยากรณ์อากาศในเบื้องต้นต่อไป ผู้เรียบเรียงหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้ารับการศึกษหรือผู้สนใจโดยทั่วไป

น.อ.เสนีย์ ฉัตรวิไล

ผู้เรียบเรียง

ธ.ค. ๒๕๖๕

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
1. ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	1
2. ข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบของวงโคจร	3
3. เทคโนโลยีดาวเทียม	4
4. การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	4
5. แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	5
6. การแพร่พลังงานรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	6
7. พลังงานรังสีที่ตกกระทบกับพื้นโลก	7
8. การส่งผ่านพลังงานของบรรยากาศ	9
9. ชนิดของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	11
10. ประเภทของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	11
11. การเน้นลำดับความเข้ม	16
12. ข้อจำกัดที่มีผลกระทบต่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	18
13. การแปลความภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	21
เอกสารอ้างอิง	24

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Satellite)

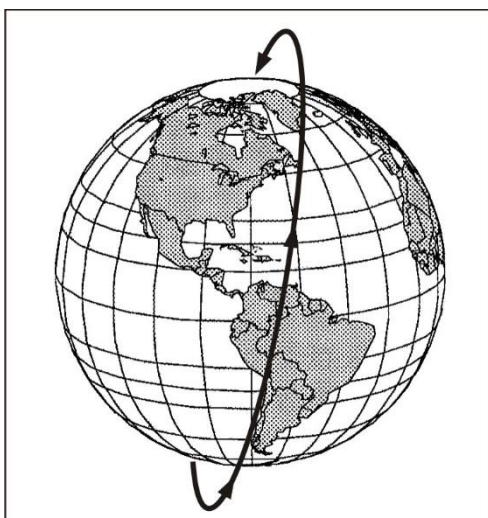
1. ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

แบ่งออกเป็นสองชนิด(ตามลักษณะการโคจร) คือ

1. ชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก (Polar Orbiter)
2. ชนิดโคจรประจำที่ (Equator Orbiter)

ทั้งสองชนิดติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณพลังงานรังสี (Sensor) ในช่วงคลื่น Visible และ Infrared

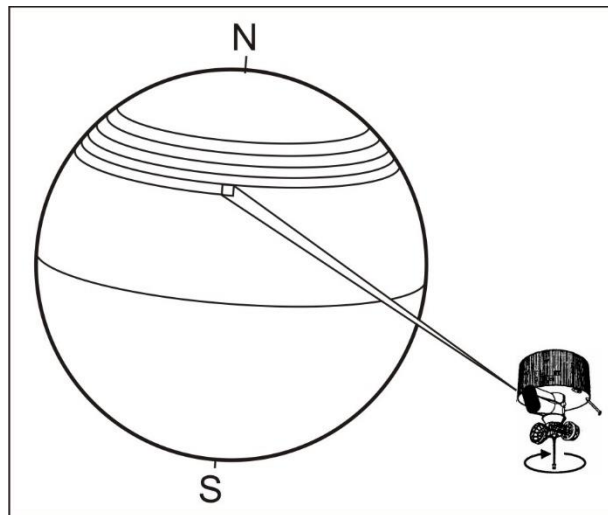
1.1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก (Polar Orbiter) ตำแหน่งของดาวเทียมอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 800 - 1,400 กม. (400 - 800 ไมล์ทะเล) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก โดยมีความคมชัดมากเพราะโคจรอยู่ในระดับต่ำ ให้ภาพได้เพียงวันละ 2 ภาพ (12 ชม. ต่อ 1 ภาพ) จึงไม่เหมาะในการติดตามความเป็นไปของสภาพอากาศ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก ได้แก่ดาวเทียมในชุด TIROS, TOS, ESSA, ITOS, NOAA, NIMBUS, DMSP วิธีโคจรจะผ่านไปใกล้ขั้วโลกทั้งสองในทุกรอบการโคจร คือ โคจรในแนวเหนือ - ใต้ ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเองในแนวตะวันออก - ตะวันตก ในรอบ 24 ชั่วโมงดาวเทียมจะผ่านตำบลหนึ่งๆ รวม 2 ครั้ง ตัวอย่างเช่น ดาวเทียม NOAA ผ่านประเทศไทยตอนบนเมื่อ 0900 จะกลับมาโคจรผ่านประเทศไทยอีกครั้งในเวลา 2100 ดาวเทียมชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า "ดาวเทียมชนิดโคจรพร้อมดวงอาทิตย์" (Sun synchronous

Satellite) 1.2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่ (Equator Orbiter) ตำแหน่งของดาวเทียมอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 35,000 กม. (19,318 ไมล์ทะเล) ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ซึ่งเหมาะสำหรับติดตามความเป็นไปของสภาพอากาศรุนแรงต่าง ๆ เช่น พายุหมุนเขตร้อน, แนวพายุฟ้าคะนอง ฯลฯ สามารถให้ภาพได้ทุกๆ 30 นาที (และสามารถใช้สัญญาณบังคับให้ส่งทุกๆ 15 นาทีได้) พื้นที่ที่อยู่ตั้งแต่ละติจูด 60 องศา ไปทางขั้วโลก (ทั้งเหนือและใต้) ที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาภาพที่ได้รับมีความคมชัดลดลง (เป็นผลจากมุมกล้อง) ยากต่อการแปลความ



รูปที่ 2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่ ได้แก่ ATSM SMS/GOES, METEOSAT, GOMS และ GMS ดาวเทียมโคจรจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก (11,000 กม./ชม.) จึงเสมือนว่าลอยตัวอยู่เหนือจุดหนึ่งตลอดเวลา ในขณะเดียวกันดาวเทียมก็หมุนรอบตัวเองด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที โดยแกนการหมุนจะขนานกับแกนขั้วโลกเหนือ - ใต้ ตลอดเวลา เนื่องจากอยู่ ณ จุดหนึ่งที่กำหนดไว้เหนือเส้นศูนย์สูตร จึงให้ภาพของบริเวณที่ต้องการได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอเหมาะสำหรับการติดตามความเป็นไปของสภาพอากาศอย่างยิ่ง

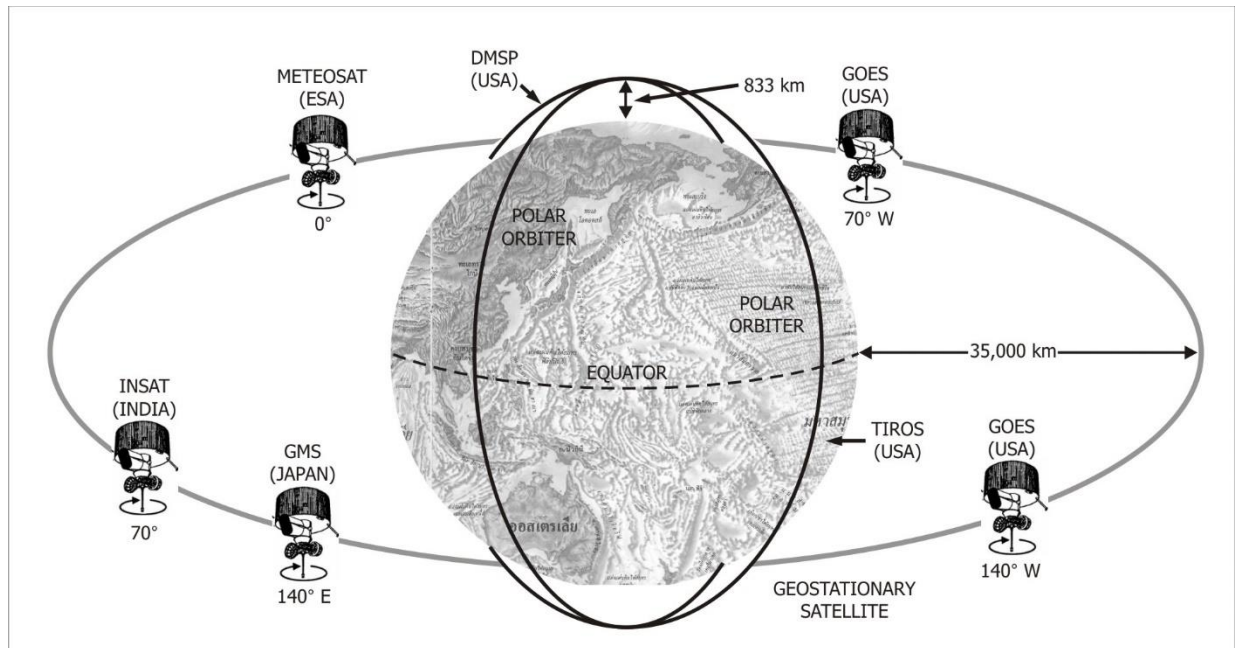
โครงการดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่ เป็นโครงการภายใต้การส่งเสริมขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) กับสมาพันธ์วิทยาศาสตร์นานาชาติ (The International Council of Scientific Unions/ICSU.) เป็นโครงการความร่วมมือระหว่างหลายชาติ โดยใช้ดาวเทียม 5 ดวง ส่งขึ้นประจำจุดต่างๆ เพื่อครอบคลุมอาณาบริเวณเป็นเครือข่ายรอบโลกระหว่างละติจูด 60 องศาเหนือ ถึง 60 องศาใต้ ประเทศต่างๆ ที่ส่งดาวเทียมขึ้นร่วมโครงการคือ

1. สหรัฐอเมริกา โดยองค์การ NOAA ควบคุม GOES East ซึ่งอยู่ ณ ลองจิจูด 75 องศาตะวันตก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมมหาสมุทรแอตแลนติกและทวีปอเมริกา กับ GOES West อยู่ ณ ลองจิจูด 135 องศาตะวันตก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกและทวีปอเมริกา

2. องค์การค้นคว้าวิจัยด้านอวกาศของกลุ่มประเทศในยุโรป(European Space Research Organization / ESRO. หรือ European Space Agency/ESA.) ส่งดาวเทียม METEOSAT ขึ้นอยู่ ณ ลองจิจูด 0 รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมอาณาบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกใต้ถึงกรีนแลนด์ และจากซาอุดีอาระเบียถึงบราซิล

3. โซเวียต ส่งดาวเทียม GOMS อยู่ ณ ลองจิจูด 170 องศาตะวันออก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมมหาสมุทรอินเดียและทวีปเอเชีย

4. ญี่ปุ่น ส่งดาวเทียม GMS อยู่ ณ ลองจิจูด 140 องศาตะวันออก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมอาณาบริเวณตั้งแต่มหาสมุทรแปซิฟิกใต้ถึงไซบีเรียและจากฮาวายถึงอินเดียซึ่งประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชียอยู่ในรัศมีปฏิบัติการของดาวเทียม GMS นี้ รวมทั้งทวีปออสเตรเลียด้วย



รูปที่ 3 โครงการเครือข่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่

2. ข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบของวงโคจร (Advantage/Disadvantage of these orbit)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านขั้วโลก

1. ตรวจวัดค่าพลังงานการแผ่รังสีในเวลาเดิมทุกครั้ง
2. ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก
3. ระยะวงโคจรรอบโลกมากที่สุด ทำให้ค่าความคมชัดสูงแต่มีแรงต้านทานมาก

ดาวเทียมชนิดโคจรประจำที่

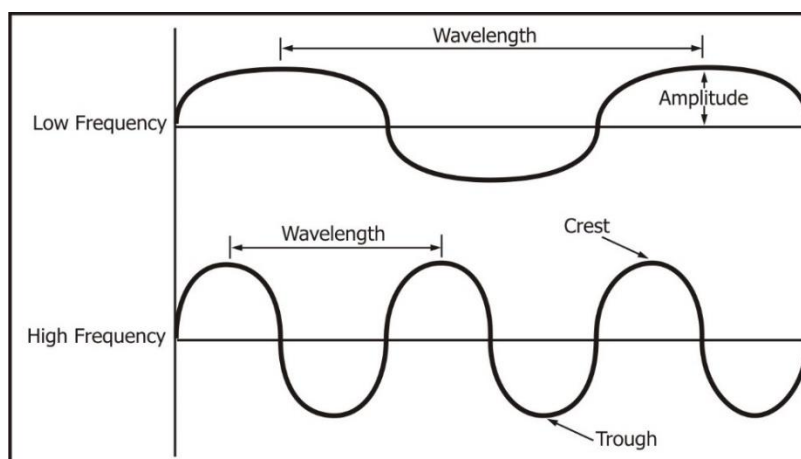
1. ตรวจวัดค่าพลังงานการแผ่รังสีอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดิม
2. ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งมีอาณาเขตจำกัด
3. ค่าความคมชัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าดาวเทียมชนิดแรก
4. ระยะวงโคจรอยู่ไกลจากโลกจึงมีแรงต้านทานน้อยมาก

3. เทคโนโลยีดาวเทียม (Satellite Technology)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาใช้หลักการของ Remote Sensing หมายถึง การอธิบายการศึกษาบางสิ่งโดยปราศจากการกระทำหรือสัมผัสกับวัตถุนั้นโดยตรง รวมทั้งการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้นเป็นระยะทางไกล ดังนั้น ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจึงเป็นตัวอย่างหนึ่งของหลักการของ Remote Sensing ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องตรวจวัดพลังงานรังสีของดาวเทียมออกแบบเพื่อใช้ศึกษา พลังงานที่สะสมและการแผ่รังสีของโลก การใช้ข้อมูล ที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรรอบตามสถานีรับภาคพื้นดินในแต่ละพื้นที่ที่สามารถที่จะตรวจวัดคุณสมบัติของโลก โดยปราศจากการเข้าไปในพื้นที่ที่สนใจและทำการตรวจวัดโดยตรง

4. การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation)

การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพื้นฐานสำคัญของ Remote Sensing การแผ่รังสี คือ การแพร่กระจายพลังงานในรูปแบบของคลื่นจากสสารทั้งหมดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (-273 องศาเซลเซียส หรือ -459 องศาฟาเรนไฮต์) คลื่นพลังงานการแผ่รังสีไม่ใช้วัตถุทั้งนี้เนื่องจากไม่มีมวล (Mass) และสามารถส่งผ่านพลังงานจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่อื่นๆ ได้ คลื่นพลังงานการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามีรูปแบบของการปั่นป่วนภายในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Pattern of Disturbance of Electromagnetic Field) ในขณะที่คลื่นเคลื่อนผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะแกว่งตัวขึ้น-ลงอย่างเป็นระเบียบ รูปแบบการเกิดขึ้นและการทวนซ้ำของคลื่นมีลักษณะดังรูปที่ 4

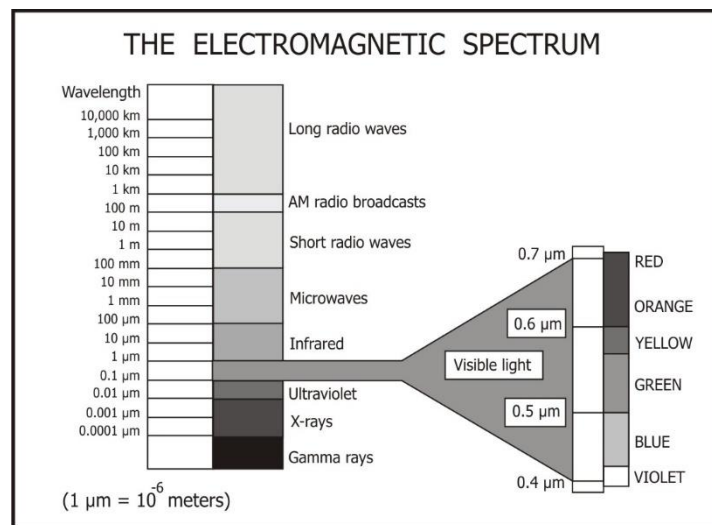


รูปที่ 4 Characteristics of an electromagnetic wave

คุณลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยความสูงของคลื่น (Amplitude) ความยาวคลื่น (Wavelength) และความถี่ของคลื่น (Frequency) ส่วนยอดของคลื่น (Ridge or Crest) คือบริเวณที่คลื่นสามารถแกว่งตัวขึ้นได้สูงที่สุดในขณะที่บริเวณท้องคลื่น (Trough) คือบริเวณที่คลื่นแกว่งตัวลงได้ต่ำที่สุดสำหรับความสูงของคลื่นนั้นเป็นการวัดขนาดของคลื่นและหมายถึง ทั้งปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ความยาวคลื่น (Wavelength) คือ การวัดระยะห่างระหว่างยอดคลื่นหรือท้องคลื่น สุดท้ายความถี่ของคลื่น (Frequency) กำหนดโดยจำนวนของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Period of Time) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกช่วงคลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน (เคลื่อนที่เท่ากับความเร็วแสง) คลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นจำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดหนึ่งภายในหนึ่งหน่วยเวลาจะมีจำนวนมากกว่า ด้วยเหตุนี้คลื่นสั้นจึงมีความถี่ของคลื่นสูง ส่วนความยาวคลื่นที่ยาวกว่าจะมีความถี่ของคลื่นต่ำกว่า

5. แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

คือแถบแสดงความต่อเนื่องของทุกช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (แสดงดังรูปที่ 5) โดยที่ในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจัดเรียงตามความยาวคลื่น รังสีแกมมา (Gamma rays) และเอ็กซ์เรย์ (X-ray) อยู่ปลายสุดของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด สำหรับปลายสุดอีกด้านหนึ่งของแถบแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นมากกว่าคือคลื่นวิทยุ สายตาของมนุษย์เห็นได้เฉพาะสัดส่วนเพียงเล็กน้อยของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่าคลื่นแสง (Visible light)



รูปที่ 5 The Electromagnetic Spectrum

6. การแผ่พลังงานรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Emission of Electromagnetic radiation)

การแผ่รังสี (Radiation) คือ การแผ่พลังงานของวัตถุที่มีอุณหภูมิมากกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์วัตถุนั้นไม่จำเป็นต้องแผ่พลังงานรังสีเฉพาะความยาวคลื่นเพียงชนิดเดียว ส่วนใหญ่แผ่พลังงานได้หลายช่วงคลื่น ซึ่งเรียกว่าแถบพลังงานของวัตถุ (Object's Spectrum) อุณหภูมิของวัตถุเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของแถบการแผ่พลังงานรังสีของวัตถุนั้น วัตถุใดที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงมากกว่จะแผ่พลังงานรังสีได้สูงกว่าและมีความยาวคลื่นสั้นกว่า ในขณะที่วัตถุที่เย็นกว่าจะแผ่พลังงานในแถบที่ต่ำกว่าและมีความยาวช่วงคลื่นที่มากกว่าด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่พลังงาน

$\text{wavelength of maximum emission (microns)} = \frac{2832}{\text{temperature (K)}}$ [1 micron (μm) = 10^{-6} meters]
--

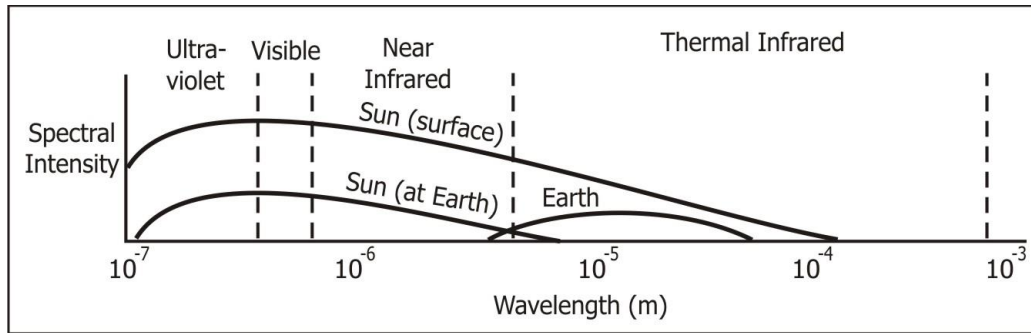
สูงสุด (Wavelength of Maximum Emission) กับอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุแสดงดังสมการใน รูปที่ 6

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่พลังงานสูงสุดกับอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ

ด้วยเหตุนี้ดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 6,000 K จึงมีการแผ่พลังงานสูงสุดในความยาวคลื่นเท่ากับ 0.48 μm ซึ่งตกอยู่ในช่วงคลื่นแสงในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในทางกลับกันอุณหภูมิที่เย็นมากกว่าของพื้นผิวโลก ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 300 K จะมีการแผ่พลังงานสูงสุดในความยาวคลื่นเท่ากับ 9.4 μm อยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

กราฟที่แสดงในรูปที่ 7 คือ การเปรียบเทียบการแผ่พลังงานรังสีของดวงอาทิตย์กับโลกในลักษณะเส้นโค้ง 3 เส้น ซึ่งแทนการแผ่พลังงานรังสีของโลก ดวงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวโลก การแผ่พลังงานรังสีที่สำคัญที่สุดของโลกอยู่ในช่วงคลื่นยาวในสัดส่วนของช่วงคลื่นอินฟราเรดหรือเรียกว่า Thermal Infrared เพราะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของพื้นผิวที่แผ่พลังงานรังสี ดังนั้นเครื่องวัดปริมาณการแผ่รังสีของดาวเทียมที่ตรวจวัดพลังงานในย่านนี้จึงใช้ศึกษาคุณสมบัติของความร้อนของโลกและบรรยากาศได้

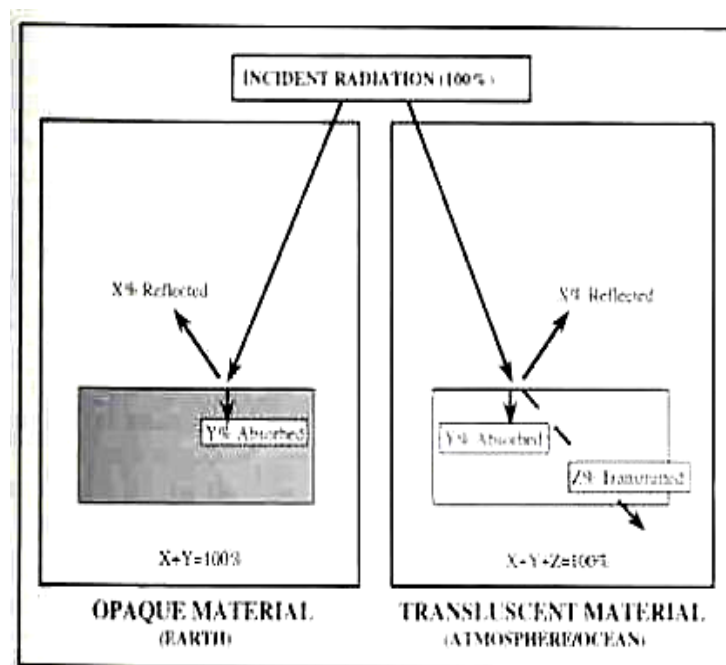
ในรูปที่ 7 พบว่าความเข้มข้นที่แท้จริงของการแผ่พลังงานรังสีของดวงอาทิตย์มีมากกว่าในทุกๆ ความยาวคลื่นเมื่อเปรียบเทียบกับ การแผ่พลังงานรังสีของโลก ทั้งที่การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ต้องเดินทางผ่านอวกาศทำให้ความเข้มลดลง ในขณะที่เดียวกันเมื่อถึงพื้นโลกความเข้มข้นของพลังงานก็ลดลงอีก อย่างไรก็ตามพลังงานการแผ่รังสีส่วนใหญ่ของดวงอาทิตย์ยังตกอยู่ในช่วงคลื่นแสง (Visible) ของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้ดวงอาทิตย์ยังแผ่พลังงานรังสีในช่วงคลื่นสั้นได้อย่างเข้มข้น โดยเฉพาะในย่านคลื่นอินฟราเรดของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า Near Infrared รวมทั้งพลังงานของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนกลับในย่านนี้ เครื่องวัดพลังงานการแผ่รังสีของดาวเทียมที่ตรวจวัดในย่าน Visible และ Near Infrared วัดปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนกลับ รวมทั้งพลังงานการแผ่รังสีของโลกและเมฆได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 7 The spectra of the sun's and Earth's radiation

7. พลังงานรังสีที่ตกกระทบกับพื้นโลก (Radiation that strikes the Earth)

พื้นผิวโลกพิจารณาให้เป็นเสมือนพื้นผิวที่ทึบแสง (Opaque) คือ แสงไม่สามารถส่องผ่านได้ เมื่อพลังงานรังสีตกกระทบกับพื้นผิวโลกที่ทึบแสง เช่น พื้นหินแข็ง พลังงานส่วนนี้ถูกดูดซับ (absorbed) หรือสะท้อนกลับ โดยพื้นหินแข็งนั้น ดังแสดงในรูปที่ 8 สัดส่วนของพลังงานช่วงคลื่น Visible ที่สะท้อนกลับของพื้นผิว เรียกว่า Albedo แสดงค่าเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ วัตถุเช่น หิมะที่ตกลงมาใหม่ ๆ หรือเมฆที่หนาแน่นมาก ๆ ค่าการสะท้อนกลับของพลังงานช่วงคลื่น Visible หรือค่า Albedo มีค่าสูงมาก เมื่อพิจารณาจากอวกาศวัตถุเหล่านี้จะสว่างจ้ามาก ทั้งนี้เพราะวัตถุสะท้อนพลังงานรังสีที่เข้ามาตกกระทบได้เป็นจำนวนมาก พื้นที่เป็นป่าไม้และพื้นดินมีค่า Albedo ต่ำกว่าจึงปรากฏเป็นสีดำ สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนของลักษณะเฉพาะของพื้นผิวโลกและในบรรยากาศแสดงดังตารางที่ 1



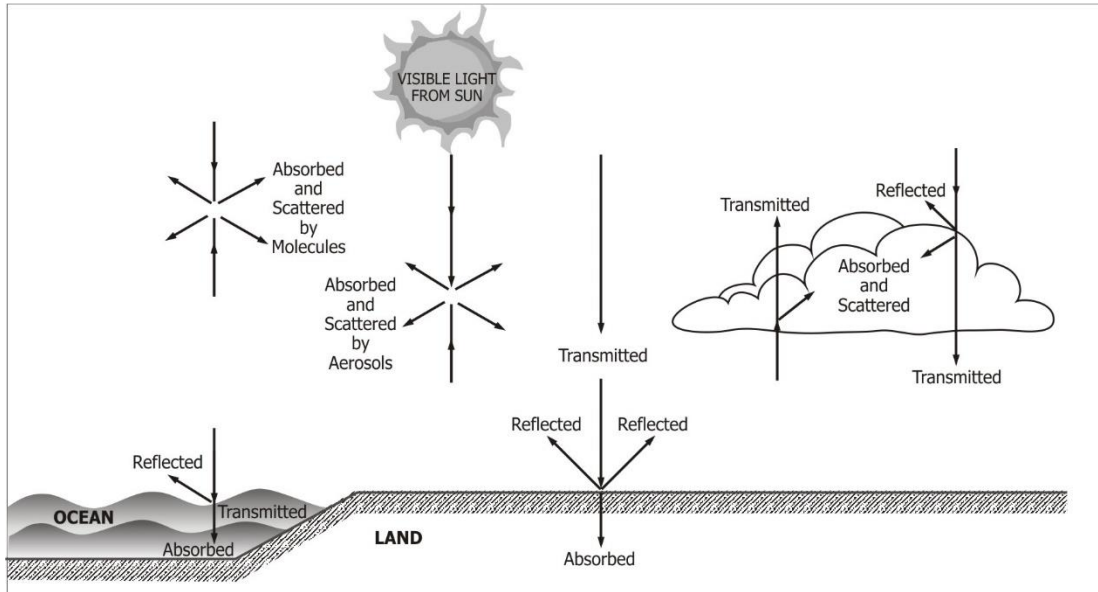
รูปที่ 8 คุณลักษณะของวัตถุทึบแสงและโปร่งแสง

Clouds		Surface features—bare areas/soils	
Cumulonimbus, large and tall	92	Snow, freshly fallen	75–90
Cumulonimbus, small, tops at 6 km	86	Snow, 3 to 7 days old	40–70
Cirrostratus, thick, with lower clouds	74	White Sands, New Mexico	60
Cumulus with stratocumulus	69	Sand dune, dry	35–45
Stratocumulus	68	Soil, dry light sand	25–45
Stratus, thick (0.5 km), over ocean	64	Soil, dry clay or gray	20–35
Stratocumulus masses, with cloud sheet, over ocean	60	Sand dune, wet	20–30
Stratus, thin, over ocean	42	Concrete, dry	17–20
Cirrus, alone, over land	36	Soil, moist gray	10–20
Cirrostratus, alone, over land	32	Soil, dark	5–15
Cumulus, fair weather	29	Road, blacktop	5–10
Water features		Vegetative zones	
Sunglint on Gulf of Mexico	17	Desert	25–30
Lake, Great Salt lake, Utah	9	Savanna, dry season	25–30
Ocean, Gulf of Mexico	9	Crops	15–25
Ocean, Pacific	7	Savanna, wet season	15–20
		Tundra	15–20
		Chaparral	15–20
		Meadows, green	10–20
		Forest, deciduous	10–20
		Forest, coniferous	5–15

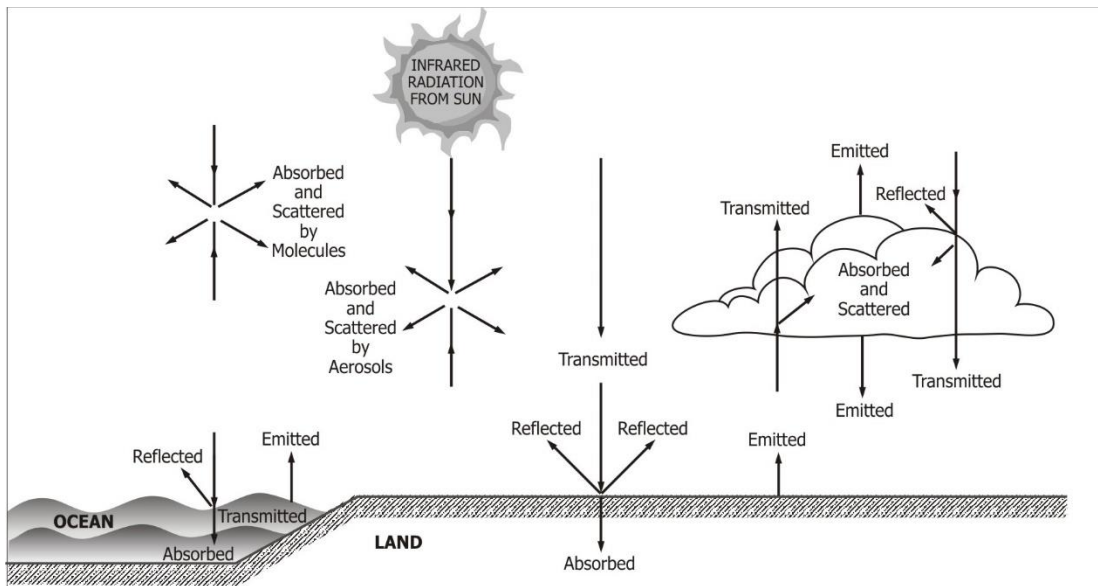
ตารางที่ 1 ค่าประมาณการสะท้อนกลับของลักษณะเฉพาะของพื้นผิวโลกในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ช่วงคลื่น Visible

วัตถุใดที่สามารถดูดซับพลังงานรังสีได้ทุกความยาวคลื่น เรียกว่า Blackbody แต่ในสภาวะการณ์ที่เป็นจริงไม่มีวัตถุใดที่มีความสามารถประพจน์ได้เช่นนั้น ดังนั้น Blackbody จึงไม่ปรากฏขึ้นจริงในธรรมชาติของโลกใบนี้ อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ใช้แนวคิดนี้เพื่อทำการศึกษาทฤษฎีพลังงานรังสี

การแผ่พลังงานรังสีในบรรยากาศ (Radiation in the Atmosphere) บรรยากาศเป็นสื่อโปร่งใส คือพลังงานการแผ่รังสีส่งผ่านไปในบรรยากาศได้ ในขณะที่พลังงานการแผ่รังสีส่งผ่านบรรยากาศหรือพื้นมหาสมุทร มีหลายสิ่งเกิดขึ้น พลังงานรังสีช่วงคลื่น Visible ถูกดูดซับ (Absorb) ส่งผ่าน (Transmit) หรือสะท้อนกลับโดยโมเลกุล, สิ่งแขวนลอยในอากาศ (Aerosols), ผลึกน้ำแข็ง (Ice Crystals) และหยดน้ำ (Water droplet) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในบรรยากาศ อนุภาคต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิดการกระจัดกระจาย (Scatter) คลื่นแสงออกเป็นสีต่างๆ อันประกอบด้วยสีแดง, ส้ม, เหลือง, เขียว, ฟ้า, และสีม่วง (เมื่ออนุภาคต่างๆ ในบรรยากาศกระจัดกระจายคลื่นแสงช่วงคลื่นที่มีสีฟ้าจะแพร่กระจายได้มากที่สุดทำให้ท้องฟ้ามีสีฟ้า) นอกจากนี้พลังงานรังสีช่วงคลื่น Visible ถูกดูดซับหรือสะท้อนกลับโดยพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันออกไป กระบวนการเหล่านี้แสดงในรูปที่ 9 ส่วนพลังงานรังสีช่วงคลื่นอินฟราเรดเมื่อผ่านเข้ามาในบรรยากาศจะถูกดูดซับ, ส่งผ่าน, สะท้อนกลับ หรือกระจัดกระจาย นอกจากนั้นความแตกต่างของพื้นผิวโลกและเมฆสามารถดูดซับพลังงานรังสีช่วงคลื่นอินฟราเรดและแผ่รังสีกลับ (re-emit) ในรูปแบบของความร้อนคืนสู่บรรยากาศดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 Visible light in the Atmosphere

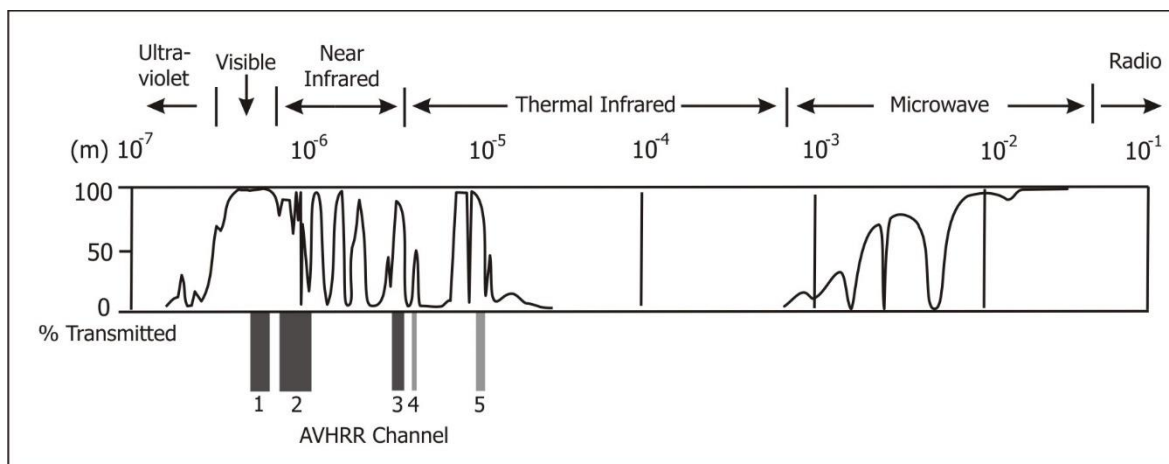


รูปที่ 10 Infrared energy in the Atmosphere

8. การส่งผ่านพลังงานของบรรยากาศ (Transmissivity of the Atmosphere)

คลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงคลื่นส่งผ่านบรรยากาศได้โดยง่าย ในขณะที่บางช่วงถูกกักไว้ ความสามารถของบรรยากาศที่ยอมให้พลังงานการแผ่รังสีส่งผ่าน เรียกว่า Transmissivity ค่าเฉลี่ยของ Transmissivity ของบรรยากาศในขณะที่ปราศจากเมฆแปรตามความยาวคลื่น แก๊สในบรรยากาศดูดซับพลังงานรังสีได้ในบางช่วงคลื่น และยอมให้พลังงานรังสีในบางช่วงคลื่นส่งผ่านไป รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าการส่งผ่านของพลังงานรังสีในแต่ละช่วง

คลื่น โดยที่ความยาวคลื่น(เมตร) แสดงในแกนนอนทางตอนบนของกราฟและจำนวนเปอร์เซ็นต์ของการส่งผ่านพลังงานรังสีของบรรยากาศแสดงในแกนตั้ง



รูปที่ 11 Transmissivity of the Atmosphere and the Spectral Range of Five Main Sensors on the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

บรรยากาศเป็นเสมือนสิ่งทึบแสงสำหรับรังสีคลื่นสั้นซึ่งมีพลังงานมากเช่น อุลตราไวโอเลต แกมมา และ เอ็กซ์เรย์ ทั้งนี้เพราะบรรยากาศดูดซับพลังงานเหล่านี้ไว้ ตัวอย่างที่พบโดยทั่วไปของปรากฏการณ์เหล่านี้เช่น การดูดซับรังสีคลื่นสั้นของโอโซนในบรรยากาศ ซึ่งโอโซนเป็นแก๊สในบรรยากาศดูดซับพลังงานรังสีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าประมาณ 0.3 μm ได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหากบรรยากาศของโลกปราศจากชั้นโอโซน พลังงานรังสีคลื่นสั้นเหล่านี้จะถึงพื้นโลกและเป็นไปไม่ได้เลยที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะดำรงชีพอยู่ได้

บรรยากาศยังดูดซับพลังงานในแถบความยาวคลื่นในบางช่วงคลื่นโดยเฉพาะ (specific wavelength bands) ได้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงคลื่นอินฟราเรดและไมโครเวฟ ในย่านที่ถูกดูดซับโดยแก๊ส ในบรรยากาศที่ปรากฏในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเรียกว่า Absorption bands ในรูปที่ 11 แถบคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดซับแสดงด้วยค่าการส่งผ่านที่ค่อนข้างต่ำ ตามแนวแถบของคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดซับนั้นอาจมีบางช่วงคลื่นที่บรรยากาศทำตัวเหมือนสื่โปรงใสยอมให้คลื่นเหล่านั้นทะลุผ่านออกไปเรียกว่า Atmospheric windows ในรูปที่ 11 แสดงด้วยค่าการส่งผ่าน (Transmission values) ที่สูงที่สุดยังพบว่าภายในช่วงคลื่น Visible พบว่าเป็นบริเวณที่พลังงานของดวงอาทิตย์ออกสู่บรรยากาศได้มากที่สุด ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆพลังงานรังสีช่วงคลื่น Visible จากดวงอาทิตย์ส่งผ่านบรรยากาศได้อย่างอิสระโดยไม่ได้ถูกดูดซับจากแก๊สในบรรยากาศ ในขณะเดียวกันในช่วงคลื่นอินฟราเรดก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ มีบางช่วงที่สามารถทะลุออกไปจากบรรยากาศได้ ช่วงคลื่นอินฟราเรดนี้มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อ Remote Sensing ทั้งนี้เพราะช่วงคลื่นเหล่านี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับการแผ่พลังงานรังสีออกของพื้นผิวโลกซึ่งพลังงานความร้อน (Thermal energy) ที่แผ่รังสีจากโลกทะลุผ่านบรรยากาศ และเข้าสู่อวกาศที่ซึ่งมีเครื่องตรวจจับพลังงานการแผ่รังสีตรวจจับพลังงานในส่วนนี้

9. ชนิดของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Satellite data types)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยากวาดจับ (scan) ในหลายช่วงคลื่นเพื่อผลิตเป็นภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ค่าความส่องสว่างตามอุณหภูมิของวัตถุ (Brightness Temperature value) ในแต่ละช่วงคลื่นพร้อมกับข้อมูลที่ตรวจวัดจากช่องรับสัญญาณอื่นๆ ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม ช่องรับสัญญาณดาวเทียมในช่วงคลื่น Visible และ Infrared มีทั้งหมด 6 ช่อง อย่างไรก็ตามไม่มีดาวเทียมดวงใดๆ ที่กวาดจับครบทุกช่องสัญญาณ และแต่ละช่องสัญญาณจะมีลักษณะเฉพาะ สำหรับช่องรับสัญญาณของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงช่องสัญญาณของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

	GOES-NEXT	METEOSAT	GMS
Resolution Visible	A Sector 1 km B Sector 2 km C Sector 4 km D Sector 7 km	1 Sensor 5 km 2 Sensor 2.5 km	1.25 km
Resolution Far IR	4 km A-C, 7 km D	5 km	5 km
Resolution Water Vapor	4 km A-C, 7 km D	5 km	5 km
Types of Imaging	Fixed Stare	Spin Scanner (E-W)	Spin Scanner (W-E)
Telescope Step Direction	NA	S-N	N-S
Orbit Altitude	19,300 nm / 35,800 km / 22,300 mi		
Visual Sensor	.55 - .75 μm	.4 - 1.1 μm	.50 - .75 μm
IR Sensors	10-12.5 μm , 3.5-4.0 μm	10.5 -12.5 μm	10.5 - 12.5 μm
Water Vapor Channel	6.7 μm	5.7 -7.1 μm	6.7 μm

	NOAA	DMSP
Resolution (Subpoint-edge)	1.1 - 4 km * 4 km resolution for Automatic Picture Transmission	Fine Data .6 -1.1 km Smooth Data 3.0-5 km *3 km resolution for Automatic Picture Transmission
Types of Imaging	Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR) Spin Scan	Operation Line Scanner (OLS) Pendulum Scanner (Alternates W-E & E-W)
Telescope Step Direction	Ascending/Descending	
Orbit Altitude	420-480 nm	
Additional Features	Microwave Sensor Sounder	
Visual Sensor	Ch 1 .58 - .68 μm	.4 - 1.1 μm
Near IR Sensor	Ch 2 .725 - 1.1 μm	
Far IR Sensor	Ch 3 3.55-3.93 μm Ch 4 10.3-11.3 μm Ch 5 11.5-12.4 μm	10.8 - 12.5 μm

10. ประเภทของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Type of Satellite Data)

10.1 ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible (Visible Imagery) เครื่องมือตรวจวัด (sensors)

ในยุคแรกที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมใช้สำหรับตรวจวัดช่วงคลื่น Visible สามารถปรับรับสัญญาณได้ ช่วงคลื่นดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 0.4 – 0.74 μm

การรับปริมาณรังสีของการสะท้อนของช่วงคลื่น Visible นั้นเครื่องมือตรวจวัดปฏิบัติการในเวลากลางวันเท่านั้น เพราะเครื่องมือตรวจวัดอาศัยการสะท้อนกลับของแสงอาทิตย์ (หรือในตอนกลางคืนที่พระจันทร์เต็มดวง) ความเข้มของการสะท้อนกลับของวัตถุใดๆ บนพื้นโลกจะขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ มุมตกกระทบของดวงอาทิตย์แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลาในแต่ละวัน, ปี และละติจูด

ค่าการสะท้อนของวัตถุที่ถูกกวาดจับ (Scan) มีผลต่อความเข้มในการส่องสว่าง (Brightness) โดยทั่วไปเมฆที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามีค่าการสะท้อนมากที่สุด ปริมาณการสะท้อนของเมฆขึ้นอยู่กับความสูญเสียของพลังงานรังสีในขณะผ่านบรรยากาศ (Optical Depth) เมฆที่มีการสูญเสียของพลังงานรังสีในขณะผ่านบรรยากาศมากกว่าเป็นผลทำให้การส่งผ่านพลังงานรังสีในช่วงคลื่น Visible มีปริมาณน้อย ความสูญเสียของพลังงานรังสีในขณะผ่านบรรยากาศ (Optical Depth) เพิ่มมากขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับ

- ความหนาของชั้นเมฆ
- ความหนาแน่นของจำนวนอนุภาคของเมฆ
- ขนาดของอนุภาคที่มีขนาดเล็ก
- สัดส่วนของอนุภาคของของเหลวกับผลึกน้ำแข็ง

ข้อจำกัดที่สำคัญของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible คือ ไม่สามารถที่จะได้ภาพในตอนกลางคืน สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible นำมาใช้ในการแปลความหมายดังต่อไปนี้

1. แปลความชนิดของเมฆต่างๆ โดยพิจารณาจากรูปร่าง (Shape) และเนื้อของเมฆ (Texture) ซึ่งภาพ Visible ให้ค่าความคมชัดได้ดี
2. แปลความระบบของเมฆ (Cloud System) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมฆในระดับต่ำ
3. ประเมินความสูงของเมฆได้โดยอาศัยเงาของเมฆ
4. ประเมินความหนาของเมฆ
5. แปลภาพของเมฆที่มีขนาดเล็กหรือมีรูปร่างที่ผิดปกติ (Anomalous Cloud)
6. หากไม่มีเมฆปกคลุม สามารถแปลความของพื้นทะเล หรือพื้นที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็งหรือหิมะ และ Sun glint
7. อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ เช่น ภูเขาไฟ, ฝุ่น และควัน

10.2 ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Near Infrared (Near Infrared Imagery = NIR)

ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR เป็นภาพที่ได้จากการสะท้อนของช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.75 – 1 um อยู่ระหว่างช่วงคลื่น Visible และ Infrared เป็นช่วงคลื่นที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ วัตถุบนพื้นโลกมีเพียงบางชนิดที่ได้รับความร้อนจนสามารถแผ่รังสี ในช่วงคลื่นนี้ได้ช่วงคลื่น NIR ที่สะท้อนกลับจากผิวโลกและถูกกวาดจับด้วยเครื่องตรวจวัด ทั้งนี้เพราะค่าความเข้มในการส่องสว่างของวัตถุในช่วงคลื่น NIR เป็นปัจจัยเช่นเดียวกับช่วงคลื่น Visible ข้อดีของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR คือ

วัตถุบางชนิดสะท้อนคลื่นนี้ได้ดีกว่าช่วงคลื่น Visible ตัวอย่างเช่น พืชพันธุ์ ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของแนวชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี (ความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำตามแนวชายฝั่ง) นอกจากนั้น คว้น หมอกแดด และฝุ่นก็สะท้อนได้ดีกว่าช่วงคลื่น Visible ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวัตถุแม้ว่าจะมีปริมาณแสงน้อยหรือแม้กระทั่งแสงของดวงจันทร์

วัตถุบางอย่างสามารถที่แพร่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่าน NIR เพียงพอที่จะแยกให้เห็นความแตกต่างของวัตถุ เช่น แสงไฟในเมือง (City light) และไฟป่าปรากฏอย่างชัดในภาพ NIR ซึ่งกวาดจัดได้โดยง่ายจากเครื่องมือตรวจวัดของระบบ DMSP โดยใช้ Photomultiplier (ทำงานโดยอัตโนมัติ) แสงเหนือ-ใต้ (Aurora) มีความเข้มในการส่องสว่างเพียงพอที่ปรากฏได้ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR โดยทั่วไปใช้แปลความหมายของสิ่งต่างๆ เหล่านี้

1. แปลความชนิดของเมฆในเวลากลางวันและลักษณะของพื้นผิวโลก
2. พื้นที่ตั้งของเมือง (อาศัยแสงไฟ City light)
3. เมฆในเวลากลางคืน (อาศัยการสะท้อนของแสงดวงจันทร์)
4. ติดตามการแพร่กระจายของไฟป่า คว้น หมอกแดด ฝุ่น รวมทั้งหมอกปนคว้น (Smog)
5. พิจารณาลมในระดับต่ำ (Low Level Winds) ที่พัดอยู่เหนือสิ่งแขวนลอยในอากาศ

10.3 ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Far Infrared (Far Infrared Imagery = FIR)

ช่วงคลื่น FIR มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ Long Wave Infrared ความยาวของช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 102 – 125 μm ในช่วงคลื่นนี้ดาวเทียมกวาดจับการแผ่พลังงานรังสีเฉพาะอย่าง การสะท้อนกลับของพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่มีความจำเป็นต้องใช้วัตถุส่วนใหญ่มีสภาพเป็น Blackbody กล่าวคือวัตถุส่วนใหญ่จะดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ (แทนที่จะสะท้อนกลับ)

ความเข้มในการส่องสว่างที่ปรากฏที่เครื่องตรวจวัดพลังงานในช่วงคลื่น FIR ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น อุณหภูมิของวัตถุขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาของวันและปีรวมทั้งละติจูดด้วย นอกจากนั้นลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยที่สำคัญด้วย เช่นพื้นที่สูงกว่าอุณหภูมีย่อมต่ำกว่า

การส่งผ่านรังสีในช่วงคลื่น FIR ผ่านบรรยากาศนั้นมีปัจจัยที่สำคัญที่ควรพิจารณา เมฆที่เป็นชั้นบางๆ อันประกอบไปด้วยผลึกน้ำแข็งส่วนมากเกือบจะโปร่งแสงสำหรับช่วงคลื่น Visible แต่สามารถดูดซับและกักกันการส่งผ่านขึ้นมาของพลังงานรังสีในช่วงคลื่น FIR โดยเฉพาะหยดน้ำในเมฆเป็นตัวดูดซับได้ดี ดังนั้น เมฆชั้นต่ำและเมฆชั้นกลางล้วนแล้วมีผลต่อการแผ่ขึ้นมาของรังสี FIR ความสามารถในการดูดซับของเมฆเพิ่มขึ้นหากความหนาแน่นของอนุภาคเพิ่มขึ้นและขนาดของอนุภาคลดลง อย่างไรก็ตามการดูดซับและการแพร่กระจายพลังงานจากเมฆในช่วงคลื่น FIR ในอัตราสูงเราสามารถสันนิษฐานว่าเมฆส่วนใหญ่แพร่กระจายดังเช่น Blackbody ช่วยให้เราตรวจวัดได้อย่างแม่นยำในการตรวจค่าอุณหภูมิแล้วอนุมานความสูงของเมฆนั้น ในทางปฏิบัติใช้ในการแปลความสิ่งต่างๆ เหล่านี้คือ

1. เมฆ

- ความสูงของเมฆ
- ระบบของเมฆ (cloud system) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมฆในระดับสูง
- ชนิดของเมฆ
- ความหนาของเมฆ

2. กระแสลมในระดับบน (Upper Levels)

3. วิเคราะห์อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (STT : Sea Surface Temperature)

4. ติดตามการเคลื่อนตัวของกลุ่มควัน หรือเถ้าภูเขาไฟในระดับบน

5. สิ่งแขวนลอยหรือเจือปนในอากาศ และควันปนหมอก (Smog)

6. พายุฝุ่น

7. ความแตกต่างของภูมิประเทศ (เช่น พื้นดิน/น้ำ)

8. ทางเมฆ (Aircraft Contrail) อันเกิดจากเครื่องบินและความชื้นในระดับต่ำ

10.4 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Middle Infrared (Middle Infrared Imagery = MIR)

ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR ได้จากการตรวจวัดพลังงานการแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่น 3.55–4.03 μm ซึ่งเป็นแถบคลื่นที่อยู่ใกล้กับ Visible และ Infrared หรือเรียกว่า Short Wave Infrared มีลักษณะคล้ายกับภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR กล่าวคือเป็นการรวมค่าของพลังงานในการสะท้อนและการแผ่รังสี แต่มีปริมาณการแผ่รังสีได้มากกว่า ในเวลากลางวันภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่นนี้ค่อนข้างจะสับสนยากต่อการแปลความ ดังนั้น จึงไม่นิยมใช้แปลความ แต่ในเวลากลางคืนการสะท้อนของพลังงานแสงอาทิตย์หมดไปภาพที่ได้รับจะมีลักษณะเช่นเดียวกับภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ปริมาณการแผ่รังสีของวัตถุขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อช่วงคลื่น FIR

ข้อดีของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR คือ เมฆชั้นต่ำที่มีปริมาณการแผ่รังสีอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น FIR เมฆชั้นต่ำจึงมีลักษณะเป็น Graybody แทนที่จะเป็น Blackbody เมฆชั้นต่ำมีลักษณะที่เย็นกว่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ช่วยเพิ่มความแตกต่างของพื้นดินและเมฆและง่ายต่อการแปลความ

นอกจากนั้นพลังงานรังสีช่วงคลื่น MIR ทะลุผ่านเมฆชั้นสูงได้มากกว่าช่วงคลื่น FIR ทำให้เมฆที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งอุ่นกว่าเมฆที่ประกอบด้วยน้ำ ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR ใช้ค้นหาเมฆ Cumulonimbus ที่ฝังตัวอยู่ในเมฆ Cirrostratus ที่หนา ๆ ได้ และใช้ตรวจจับตาของพายุได้ถึงแม้ว่าจะถูกปกคลุมด้วยเมฆ Cirrus อากาศอุ่นขึ้นที่มีความลึกมาก (หนา) เช่นมวลอากาศในเขตร้อน โดยทั่วๆไปจะปรากฏเป็นบริเวณที่ค่อนข้างจะแจ่มใสมากกว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น FIR สิ่งนี้ทำให้เมฆชั้นต่ำ

แยกออกได้โดยง่ายและการอ่านค่าอุณหภูมิผิวพื้นใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดภายใต้สภาวะเงื่อนไขนี้ ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR ใช้ในการแปลความเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เมฆชั้นต่ำ
2. เมฆชั้นสูง (เปรียบเทียบกับ FIR)
3. ลักษณะภูมิประเทศ (แสดงความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำได้ดี)
4. อุณหภูมิน้ำทะเล
5. ไฟป่า
6. สิ่งแขวนลอยในอากาศ (ควัน เถ้าภูเขาไฟ และฝุ่น)

10.5 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิด Water Vapor

เครื่องตรวจวัดพลังการแผ่รังสีตรวจวัดพลังงานในช่วงคลื่นของ Infrared ความยาวคลื่นระหว่าง 5.7-7.1 μm ในย่านดังกล่าวพลังงานถูกดูดซับด้วยไอน้ำ (Water Vapor) ทำให้การส่งผ่านพลังงานเป็นไปได้น้อย ดาวเทียม GOES และ GMS ตรวจวัดความยาวคลื่น 6.7 μm และ METEOSAT ตรวจวัดความยาวคลื่นระหว่าง 5.8 - 7.1 μm

เนื่องจากการดูดซับและการแผ่กระจายของพลังงาน ในช่วงคลื่นนี้อยู่ในอัตราที่สูง ชั้นความชื้นในบรรยากาศดูดซับพลังงานจากชั้นความชื้นที่อยู่ในระดับต่ำกว่า ในขณะที่เดียวกันก็แผ่กระจายรังสีโดยที่มีสภาพเป็น Blackbody ด้วยเหตุนี้จึงเป็นการแผ่กระจายที่มีลักษณะเป็นชั้นๆ ซ้อนกันขึ้นไป กล่าวคือมีการดูดซับและแผ่กระจายจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งจนกระทั่งถึงชั้นบนสุด

ถ้าความชื้นใกล้กับระดับ Tropopause มีปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ สภาพของ Blackbody ถูกตรวจพบโดยดาวเทียมในระดับนี้ ซึ่งปรากฏเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิเย็น (Cold Temperature) ในทางตรงข้ามถ้าบริเวณนี้มีปริมาณความชื้นค่อนข้างน้อย พลังงานที่ตรวจจับได้ที่มาจากเบื้องล่างหรือผิวพื้น ซึ่งปรากฏเป็นบริเวณที่อุณหภูมิอุ่นกว่า (Warm Temperature) ดังนั้นจึงสันนิษฐานได้ว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิเย็นสอดคล้องกับความชื้นสูง ในระดับบน ในขณะที่บริเวณที่มีอุณหภูมิอุ่นจึงสอดคล้องกับความชื้นน้อยในระดับบน

อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงความหนาแน่นของจำนวนไอน้ำ ถึงแม้ว่าอากาศบริเวณ Tropopause มีความชื้นเกือบ 100% แต่ความหนาแน่นของไอน้ำมีน้อยพลังงานบางส่วนจากระดับล่างจะทะลุผ่านขึ้นไปได้ พลังงานที่ตรวจวัดได้สูงสุดจึงไม่ได้มาจากระดับบนสุดเพียงระดับเดียว แต่มาจากหลายระดับด้วยกัน ปริมาณพลังงานประมาณ 80% ที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียมส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ 610 - 240 hPa เหลือแล้วอยู่ในระดับ 400 hPa

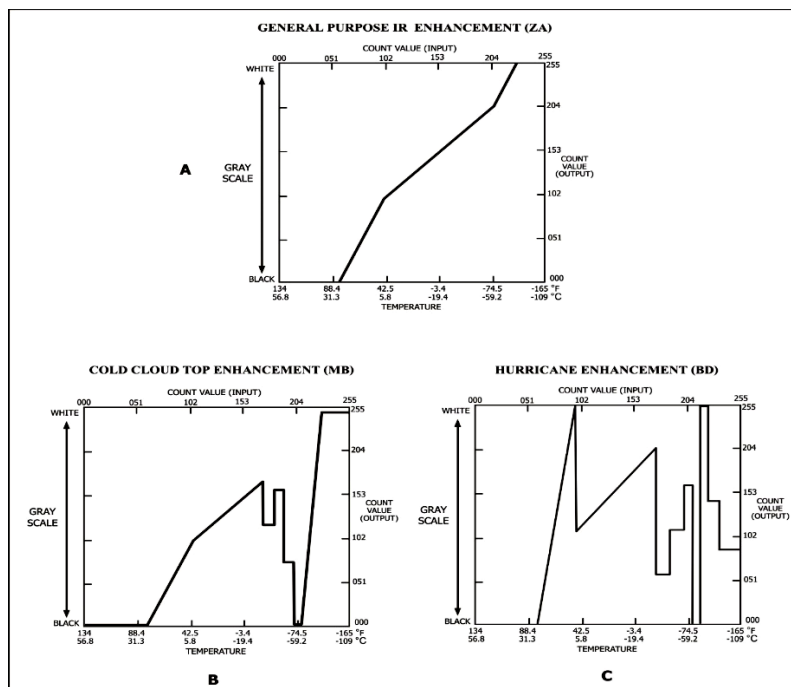
ปริมาณการแผ่กระจายของรังสีขึ้นอยู่กับจำนวนและความสูงของไอน้ำ จำนวนและความสูงของเมฆ และอุณหภูมิของระดับที่แผ่กระจาย ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิด Water Vapor ใช้ในการแปลความเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ เหล่านี้

1. ประเมินปริมาณความชื้นของไอน้ำในระดับกลางและระดับสูง
2. ติดตามสภาพอากาศในระดับบน
3. การกำหนดบริเวณกระแสลมกรด
4. บริเวณ Clear Air Turbulence
5. บริเวณ Clear Icing
6. บริเวณที่มีโอกาสในการเกิดทางเมฆ (Contrail)

11. การเน้นลำดับความเข้มในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Infrared (Enhanced Infrared)

ในกรณีที่การแปลความภาพเมฆด้วยสายตาในช่วงคลื่น Infrared ถ้าบริเวณเมฆที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันน้อย โทนสีจะมีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้ยากต่อการแปลความ จึงมีการใช้วิธีที่เรียกว่า Enhanced Infrared ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนโทนสีภาพ โดยมีการกำหนดค่าอุณหภูมิให้สัมพันธ์กับความสว่างที่เป็นเป้าหมาย แล้วกำหนดสีตามต้องการ ซึ่งจะเป็นภาพในโทนสีเทา (ในภาพขาว - ดำ) หรือเป็นแถบสีตามคุณสมบัติความสามารถของคอมพิวเตอร์ ที่จะทำได้วิธีการเน้นลำดับความเข้มของภาพนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการแปลความเกี่ยวกับความแรงของ พายุหมุนเขตร้อนหรืออุณหภูมียอดเมฆแต่ทั้งนี้ต้องมีความเข้าใจและทราบถึงการกำหนดสีที่สัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิของภาพนั้นๆ ด้วย และโดยทั่วไปกรรมวิธีในการเน้นลำดับความเข้มที่นิยมใช้แบ่งออกได้เป็น

1. ZA Curve
2. MB Curve
3. BD Curve



รูปที่ 12 แสดงการเน้นลำดับความเข้มของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น IR

ต่อมาได้มีการพัฒนาการเน้นลำดับความเข้มของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาโดยใช้สีต่างๆ นำมาประยุกต์ใช้ในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแทนการแสดงด้วยสีขาว โทนสีเทา และสีดำ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการแยกลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เทคนิควิธีการดังกล่าวเรียกว่า Color Enhancement

สำหรับเทคนิคล่าสุดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากในปัจจุบันคือ Multispectral Techniques คือเทคนิคที่อาศัยความแตกต่างของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้รับมาจากหลายช่องรับสัญญาณ เพื่อให้ปรากฏข้อมูลที่สำคัญในทางอุตุนิยมวิทยาได้อย่างเด่นชัด ซึ่งจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะรวมทั้งจุดเด่นและจุดด้อยของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้รับในแต่ละช่องรับสัญญาณเป็นสำคัญก่อนที่จะนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปเป็นการนำภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ 2 ภาพขึ้นไปที่ครอบคลุมพื้นที่และเป็นช่วงเวลาเดียวกัน ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรใกล้ผิวโลกจะใช้ข้อมูลในแต่ละช่องรับสัญญาณแต่เป็นเส้นทางที่กวาดจับสัญญาณเดียวกัน ส่วนดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่อาจใช้ภาพดาวเทียมหลายดวง เช่น GOES EAST และ GOES WEST เพื่อใช้ในการสร้างภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาด้วยเทคนิคนี้

เทคนิค Multispectral มีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การนำข้อมูลจากช่องรับสัญญาณหนึ่งมาลบออกจากข้อมูลของอีกช่องรับสัญญาณหนึ่ง ดังตัวอย่าง

	A	B	
	FIR BT	MIR BT	Subtraction
Land	220	220	0
Water	225	225	0
Altostratus	150	150	0
Stratus	219	214	5
Cirrostratus	60	65	-5

รูปที่ 13 แสดงการลบกันระหว่างค่า Brightness Temperature FIR และ MIR

ถ้าข้อมูลจากช่องรับสัญญาณ A กวาดจัดพลังงานมากกว่าช่องรับสัญญาณ B (ในพื้นที่เดียวกัน) ผลจากการนำ $A - B$ ค่าที่ได้จะเป็นบวก ในทำนองเดียวกันหาก A น้อยกว่า B ค่าที่ได้จะเป็นลบ แต่หากไม่มีความแตกต่างค่าที่ได้เท่ากับศูนย์

จากตัวอย่างคือการนำภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น MIR ลบออกจากภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ซึ่งทั้งสองเป็นภาพในเวลากลางคืน พบว่าพื้นดิน พื้นน้ำ และเมฆชั้นกลางที่ปรากฏในภาพทั้งสองนั้นมีค่าเท่ากัน เมื่อนำมาลบกันจึงได้ผลลัพธ์เท่ากับศูนย์ ส่วนเมฆชั้นต่ำค่า Brightness Temperature ที่

ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น MIR มีค่าต่ำกว่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีค่าที่ไม่เท่ากับศูนย์ ในขณะที่เมฆที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งที่ปรากฏในภาพ FIR มีลักษณะเย็นกว่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MIR ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีค่าไม่เท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน ผลของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้จึงแสดงให้เห็นเฉพาะเมฆชั้นต่ำและเมฆชั้นสูงเท่านั้น

นอกเหนือจากนี้ยังมีเทคนิคในการสร้างภาพด้วยเทคนิค False Color Multispectral ซึ่งเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งขึ้นอยู่กับ การแสดงผลของจอแสดงภาพ โดยการนำแม่สีหลักอันประกอบด้วยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มาใช้แทนค่าความเข้มที่ปรากฏในภาพขาว - ดำ แสดงดังตัวอย่าง

	MIR (Red gun)	FIR (Green gun)	FFIR (Blue gun)	Combination
Land	Dark Red	Dark Green	Dark Blue	Dark Gray
Warm water	Very Dark Red	Very Dark Green	Very Dark Blue	Very Dark Gray
Cumulonimbus	Very Bright Red	Very Bright Green	Very Bright Blue	White
Altostratus	Medium Red	Medium Green	Medium Blue	Medium Gray
Stratus	Medium Red	Dark Green	Dark Blue	Red-Tinted Gray
Cirrostratus	Light Red	Light Green	Very Light Blue	Blue-Tinted Gray

รูปที่ 14 False Color multispectral

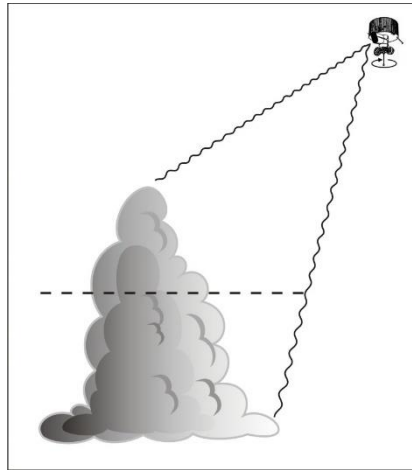
12. ข้อจำกัดที่มีผลกระทบต่อข้อมูลภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา(Limitation Affecting Satellite data)

12.1 Attenuation คือการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการถูกดูดซับ (Absorption) หรือการจัดกระจาย (Scattering) ทำให้พลังงานที่ไปถึงเครื่องมือตรวจวัดพลังงานที่ติดตั้งบนดาวเทียมมีปริมาณน้อยกว่าที่เป็นจริง ทำให้ภาพของเมฆที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาอยู่สูงกว่าความสูงจริง (appear colder than) สภาวะที่ทำให้เกิด Attenuation ขึ้นอยู่กับ

- ความหนาแน่นของปริมาณไอน้ำในบรรยากาศเนื่องจากไอน้ำเป็นตัวการดูดซับพลังงานที่สำคัญที่สุด หากพลังงานที่แผ่ขึ้นไปผ่านบริเวณที่บรรยากาศมีไอน้ำหนาแน่น พลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับไว้ พลังงานส่วนที่เหลือที่แผ่ไปถึงดาวเทียมจึงมีใช้ปริมาณจำนวนเต็มที่แท้จริงที่แผ่กระจายออกจากแหล่ง
- ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับแหล่งส่งพลังงาน ที่มีระยะทางยาวกว่ามีผลทำให้เกิด Attenuation มากกว่าด้วย อย่างไรก็ตาม Attenuation ที่มีสาเหตุจากระยะทางหรือจากการถูกดูดซับโดยแก๊สอื่น ๆ นั้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ Attenuation ที่มีสาเหตุมาจากไอน้ำการจัดกระจาย (Scattering) ที่เกิดขึ้นเมื่อพลังงาน แผ่ไปกระทบอนุภาคของสิ่งต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่น ผง หรือหยดน้ำก็เป็นสาเหตุของ Attenuation ได้เช่นเดียวกัน

12.2 Contamination เกิดขึ้นเนื่องจากมีแหล่งพลังงานหลายแหล่งซ้อนทับกันค่าของปริมาณพลังงานที่เครื่องตรวจวัดพลังงานบนดาวเทียมที่ตรวจจับได้จึงเป็นค่าที่ไม่ถูกต้องจากระดับยอดเมฆนั้นๆอย่างแท้จริง สภาวะที่ทำให้เกิด Contamination ขึ้นอยู่กับสภาพต่าง ๆ ดังนี้

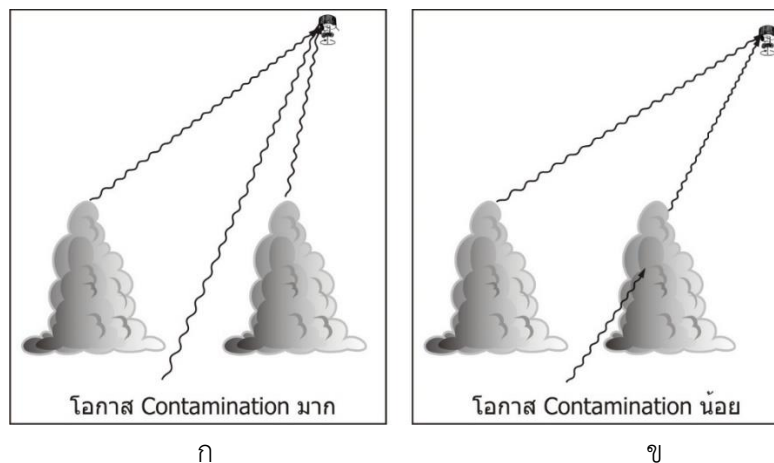
1. ความหนาของเมฆและมุมกล้อง



รูปที่ 15 การเกิด Contamination จากความหนาของเมฆและมุมกล้อง

จากรูปที่15อุณหภูมิที่แผ่จากส่วนยอดของเมฆย่อมต่ำกว่าอุณหภูมิที่แผ่จากฐานของเมฆ ดังนั้นดาวเทียมจะเฉลี่ยจำนวนพลังงานที่ได้รับจากเมฆก้อนนี้ออกมา ซึ่งจะปรากฏว่าอุณหภูมิของเมฆก้อนนี้สูงกว่าอุณหภูมิที่ยอดเมฆ ดังนั้น ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา จะแสดงยอดของเมฆก้อนนี้มีระดับต่ำกว่าความสูงจริง

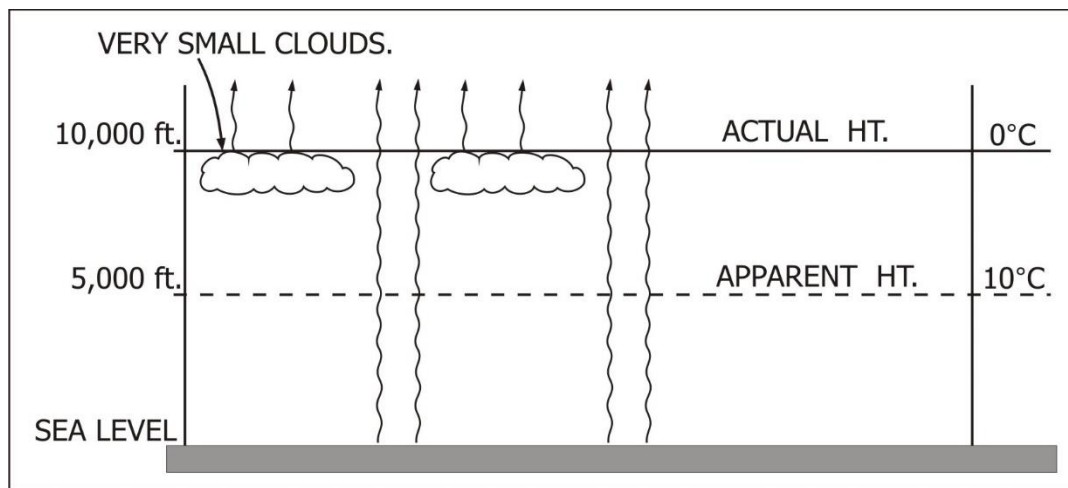
2. ช่องว่างระหว่างเมฆ



รูปที่ 16 การเกิด Contamination จากช่องว่างระหว่างเมฆ

จากรูปที่ 16 ในภาพ ก.พลังงานจากแหล่งอื่นๆ ในระดับต่ำกว่าแทรกตัวขึ้นไปตรงบริเวณช่องว่างของเมฆ เมื่อพลังงานในบริเวณนี้ไปถึงเครื่องตรวจวัดพลังงาน อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จึงสูงกว่าอุณหภูมิควรจะเป็นจริงของยอดเมฆนั้น ส่วนในภาพ ข. พลังงานในระดับต่ำกว่าไม่สามารถแทรกตัวขึ้นไปสู่ดาวเทียมได้โอกาสที่จะเกิด Contamination ย่อมน้อยกว่ากรณีของภาพ ก. อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิจริงของยอดเมฆนั้น

3. ความแตกต่างของความชันอุณหภูมิทางตั้ง



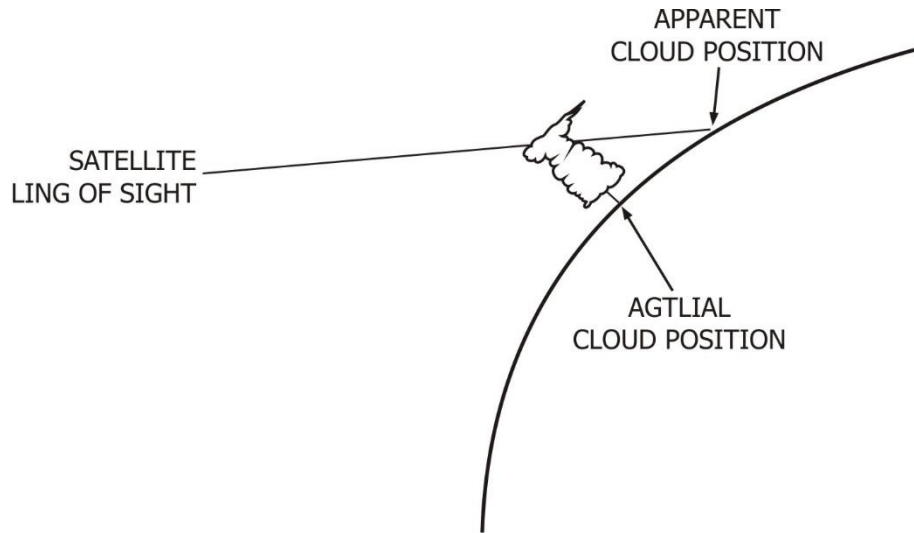
รูปที่ 17 แสดงความแตกต่างของความชันอุณหภูมิทางตั้ง

จากรูปที่ 17 เมฆ CI บางๆ จะปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาอยู่ต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะอุณหภูมิจากเมฆหรือจากผิวพื้นในระดับต่ำกว่าจะแผ่ขึ้นไปรวมกับอุณหภูมิของเมฆ CI บางๆ นั้น ปริมาณพลังงานรวมที่ไปถึงดาวเทียมจึงมากกว่าพลังงานจริงของเมฆ CI

ผลจาก Contamination ทำให้ภาพของเมฆที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมนั้นอยู่ต่ำกว่าความสูงจริง

12.3 Foreshortening คือ สภาพของเมฆที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้ๆ กับขอบภาพในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่มีลักษณะร่นชิดติดกัน อันเป็นผลมาจากมุมกล้อง Foreshortening ทำให้ข้อมูลผิดพลาดดังต่อไปนี้

1. ช่องว่างระหว่างเมฆอยู่ชิดกันเกินไปกว่าความเป็นจริง
2. เนื่องจากเมฆตามบริเวณขอบภาพกับเครื่องตรวจวัดพลังงานทำมุมกันค่อนข้างลาดมาก ดังนั้นพลังงานที่จับได้อาจมาจากด้านข้างของเมฆ (โดยเฉพาะเมฆก่อตัวในทางตั้ง) แทนที่จะเป็นพลังงานจากยอดเมฆ
3. ตำแหน่งของเมฆที่แสดงในภาพอยู่เลยตำแหน่งจริงที่เมฆนั้นปกคลุมผิวโลกอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 Foreshortening

13. การแปลความภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Satellite Imagery Interpretation)

ในการจำแนกเมฆแต่ละชนิดในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา พิจารณาได้จากการสังเกตลักษณะเฉพาะ (Feature) ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอันประกอบด้วย

1. ค่าความส่องสว่าง (Brightness) ค่าความเข้มในการส่องสว่างเป็นสิ่งที่ดีที่สุดที่ใช้ในการพิจารณาคุณลักษณะของเมฆ และยังใช้ประเมินค่าความหนาและความสูงของเมฆได้ โดยทั่วไปค่าความส่องสว่างมากๆ ที่ปรากฏในภาพ VIS เกี่ยวข้องกับความหนาของเมฆ ซึ่งมีการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์ได้มากกว่า และแสดงให้เห็นเป็นสีขาวเจิดจ้าลงไปจนถึงสีเทาอ่อน ๆ ส่วนเมฆที่บางกว่าจะมีโทนสีเทาเข้มจนถึงค่อนข้างดำ

ในภาพ IR บริเวณที่มีค่าความส่องสว่างมาก ๆ หมายถึง บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำมาก เช่นบริเวณส่วนยอดของเมฆ หรือเมฆที่ก่อตัวในระดับสูงมักจะมีอุณหภูมิต่ำ สีที่ปรากฏในภาพดาวเทียมจึงเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน ๆ ส่วนเมฆที่อยู่ต่ำกว่าและมีอุณหภูมิอุ่นกว่าจะปรากฏในโทนสีที่คล้ำกว่าหรือบางครั้งอาจกลมกลืนไปกับพื้นดินหรือพื้นน้ำได้

2. ความหยาบ/ละเอียดของพื้นผิวเมฆ (Cloud Texture) ความหยาบ/ละเอียดของพื้นผิวเมฆเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาแปลความ ซึ่งแสดงเฉพาะในภาพ VIS เท่านั้น โดยพิจารณาเงาที่ปรากฏขึ้นของเมฆ เมฆที่มีลักษณะตะปุ่มตะป่ำและก่อตัวในทางตั้งมักทำให้เกิดเงาได้ดีและมีเงาเป็นจำนวนมาก แสดงว่าเมฆก่อนนั้นมีพื้นผิวที่หยาบ ขณะที่เมฆที่มีพื้นผิวในส่วนยอดของเมฆราบเรียบ (Smooth) มักจะปรากฏเป็นเงาขึ้นในบริเวณส่วนยอดของเมฆนั้น แต่จะมีการทอดเงาเฉพาะบริเวณขอบไปยังชั้นเมฆที่อยู่ต่ำกว่าหรือบนพื้นดิน ลมชั้นบนอาจทำให้เมฆที่เกิดขึ้นในระดับสูงฉีกขาดออก ซึ่งอาจปรากฏให้เห็นเป็นเส้นใยในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

3. รูปร่างลักษณะของโครงสร้าง (Organizational pattern) รูปร่างที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอาจมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบแถบ (Band), แนวหรือเส้น (Linear), การหมุนวนหรือแนวโค้ง (Circular) และรูปแบบเซลล์ (Cellular)

4. ความคมชัดของขอบ (Edge definition) ขอบของเมฆที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมเช่นลักษณะที่ขาดวัน หรือเป็นขอบที่คมชัดรวมทั้งขนาดและรูปร่างของเมฆสามารถใช้ในการพิจารณาชนิดของเมฆได้ โดยทั่วไปวิธีที่ดีที่สุดในการพิจารณาจำแนกเมฆแต่ละชนิดต้องนำภาพ VIS และภาพ IR ในช่วงเวลาเดียวกันกันหรือใกล้เคียงกันและเป็นบริเวณเดียวกันมาพิจารณาร่วมกันเสมอ ในภาพ VIS ใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับรูปร่างของเมฆ, ความหนา/ละเอียดพื้นผิวของเมฆ, รูปร่างลักษณะโครงสร้างของเมฆและความหนาของเมฆได้เป็นอย่างดี ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องนำไปเปรียบเทียบกับภาพ IR เพื่อพิจารณาความสูงต่ำของเมฆ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกันจะช่วยทำให้ได้ข้อสรุปในการแปลความเมฆในภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกต้อง รวมทั้งสภาพอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากเมฆชนิดนั้นด้วย

13.1 การแปลความเมฆแผ่น (Stratiform Clouds)

เมฆแผ่นเกิดในสภาวะที่อากาศทรงตัวดี (Stable Air) ลักษณะแบนราบและแผ่ออก อาจปรากฏเป็นชั้นๆ ได้ บริเวณส่วนบนของเมฆมีพื้นผิวที่ราบเรียบ รูปร่างลักษณะทางโครงสร้างไม่เด่นชัด อาณาบริเวณของเมฆแผ่นที่แผ่ปกคลุมภูมิประเทศต่าง ๆ จะช่วยในการจำแนกชนิดของเมฆได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะเมฆที่เกิดในระดับต่ำๆ และเนื่องจากอุณหภูมิของเมฆเหล่านั้นค่อนข้างอุ่นทำให้ปรากฏเป็นสีค่อนข้างดำจนถึงเทาปานกลาง (Dark to Medium Gray)

1. หมอก/ St รวมกัน ส่วนยอดราบเรียบพื้นที่ปกคลุมเป็นไปตามลักษณะภูมิประเทศ ในภาพ VIS สีขาวถึงเทาปานกลางเมื่อหนา หากบางจะปรากฏเป็นรอยกระดำกระด่าง ส่วนภาพ IR มีสีดำจนถึงเทาปานกลาง เป็นเนื้อเดียวกัน อาจแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิแต่ละฤดูกาล หากอุณหภูมิระหว่างเมฆกับพื้นผิวมีความแตกต่างกันน้อย จะทำให้การแปลความทำได้ยาก บางครั้งอาจมีสีดำกว่าพื้นดินหากอุณหภูมิของพื้นดินนั้นเย็นกว่า

2. Ac/As ส่วนยอดราบเรียบปรากฏเป็นชั้นๆ หรืออาจเป็นริ้วๆ หรือพื้นผิวราบเรียบหรืออาจเป็นเซลล์ขนาดเล็กๆ มักเกิดร่วมกับเมฆ Ci ในภาพ VIS มีสีเทาอ่อนกระดำกระด่างหรือเป็นริ้วๆ ขึ้นอยู่กับความหนาและลักษณะชั้นของเมฆ ส่วนภาพ IR เทาปานกลางเป็นเนื้อเดียวกันขึ้นอยู่กับระดับความสูงของเมฆ

13.2 การแปลความหมอกในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible หมอกปรากฏเป็นแผ่นราบเรียบเหมือนกับเมฆ St ซึ่งเป็นการยากมากในการที่จะแยกหมอกออกจากเมฆ St สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Infrared หมอกปรากฏเป็นสีเทาหม่น (Dull Shade of Gray) (ในกรณีที่ไม่มองเห็น) หากอุณหภูมิของผิวพื้นและหมอกใกล้เคียงกันจะไม่ปรากฏหมอกในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น Infrared นอกจากนั้นหากหมอกเกิดขึ้น

ในเวลากลางคืน ซึ่งไม่มีภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น Visible เป็นเครื่องมือช่วยประกอบในการแปลความด้วยจึงเป็นไปได้เลยที่จะตรวจพบบริเวณที่มีหมอกปกคลุม

โดยทั่วไปภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible/Infrared สามารถใช้ร่วมกันในการแปลความหมอกซึ่งต้องพิจารณาหลายช่วงเวลาประกอบกัน โดยพิจารณาบริเวณที่ปรากฏเป็นเมฆสีขาวราบเรียบ หากกลุ่มเมฆสีขาวเหล่านั้นไม่มีการเคลื่อนที่เมื่อเวลาผ่านไป แสดงว่าบริเวณนั้นเป็นพื้นที่หมอกปกคลุม สำหรับการสลายตัวของหมอกจะเริ่มสลายตัวจากบริเวณขอบนอกเข้าสู่พื้นที่ด้านในทั้งนี้เนื่องจากบริเวณขอบนอกนั้นบางกว่าหมอกที่เกิดบริเวณภูเขา แม่น้ำ หรือหุบเขาจะมีขอบที่คมชัด เพราะเป็นพื้นที่หมอกเกิดขึ้นในพื้นที่ค่อนข้างจำกัด

13.3 การแปลความเมฆก้อน (Cumuliform Clouds)

เมฆก้อนเกิดขึ้นในสภาวะที่อากาศไม่ทรงตัว (Unstable Air) ซึ่งอากาศมีการยกตัวและจมตัว รูปทรงของเมฆจะเป็นก้อนๆ , แถบ, เซลล์ หรือมีลักษณะคล้ายคลื่น (Wave) ในภาพ VIS มักปรากฏให้เห็นลักษณะพื้นผิวของเมฆเป็นตะปุ่มตะป่ำ ส่วนในภาพ IR ขึ้นอยู่กับความสูงของเมฆเหล่านั้น

1. CU ก้อนเล็กๆ รูปทรงแตกต่างกันไปอาจเกิดเป็นเงาขึ้นหากมุมของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำ พื้นผิวเป็นลักษณะตะปุ่มตะป่ำในภาพ VIS สีขาวปานกลาง ส่วนภาพ IR ดำถึงขาวปานกลางหากเป็นก้อนเล็กๆ หรือเป็นก้อนเดี่ยวๆ อาจตรวจพบได้ยาก

2. CB ก้อนกลมโตหรือคล้ายหัวแครอทขึ้นอยู่กับลมชั้นบน ส่วนยอดของเมฆเป็นตะปุ่มตะป่ำยอดสูงเฉลี่ย 35,000 ฟุต และ 60,000 ฟุต หากเป็น พายุฟ้าคะนองอย่างรุนแรง ปรากฏเป็นสีขาวมาก หรืออาจปรากฏเงาขึ้นในส่วนบนของยอดเมฆในภาพ VIS ส่วนในภาพ IR มีสีขาวมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ส่วนยอดของเมฆที่ Active

3. Sc เป็นก้อนหรือเซลล์และอาจเรียงตัวเป็นแนวหรือเป็นกลุ่ม ๆ ขอบของเมฆมักติดกัน บางครั้งอาจเห็นพื้นผิวตะปุ่มตะป่ำ ในภาพ VIS บริเวณตรงกลางเป็นสีขาว ส่วนบริเวณขอบเป็นสีเทาเพราะค่อนข้างบาง ภาพ IR มีสีดำถึงเทาเป็นเนื้อเดียวกัน หากเป็นแบบเซลล์อาจเห็นไม่ชัดเจนและหากความแตกต่างของอุณหภูมิเมฆกับพื้นดิน/น้ำน้อยจะไม่สามารถแยกแยะออกจากกันได้

13.4 การแปลความเมฆชั้นสูง (Cirriiform Clouds)

1. Ci มีลักษณะเป็นเส้นใยบาง ๆ อาจมองทะลุผ่านและเห็นเมฆหรือผิวพื้นที่อยู่ต่ำกว่า ในภาพ VIS สีดำถึงเทาปานกลางขึ้นอยู่กับผิวพื้นด้านล่าง ส่วนภาพ IR สีเทาอ่อน หากเป็นเส้นใยอาจเห็นไม่ชัดเจน

2. Cs/Cc ราบเรียบส่วนบนและเป็นเนื้อเดียวกันอาจเห็นเป็นเส้นใยหรือแผ่น ในภาพ VIS สีเทาอ่อนหากบางหากมีความหนาเพิ่มขึ้นจะปรากฏเป็นสีขาว ส่วนภาพ IR มีสีขาวยิ่งเทาอ่อน และแยกแยะออกจากเมฆชั้นกลางได้ยาก

3. Anvil Ci มักราบเรียบ ยกเว้นบริเวณยอดที่พุ่งล้นขึ้นไปด้านบน ขอบชัดเจนทางด้านต้นลมและทางด้านปลายลมอาจไม่ชัดเจน ในภาพ VS ปรากฏสีขาวมาก ในส่วนที่ TS กำลังแรง และจางลงทางด้านปลายลม ส่วนภาพ IR ปรากฏเป็นสีขาวมากบริเวณที่มี TS รุนแรง และจางลงทางด้านปลายลม

เอกสารอ้างอิง

ข้าวอากาศ, กอง. (2558) การแปลความภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา. เอกสารประกอบการบรรยาย