

การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับ การวิเคราะห์เมฆทางอุตุนิยมวิทยา

Using Satellite Data and Image Processing Techniques for Cloud Analysis in Meteorology

ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ¹, ต่อศักดิ์ โกมาสถิตย์²

Teerawong Laosuwan¹, Tosak Gomasathit²

บทคัดย่อ

ในทางอุตุนิยมวิทยานั้นการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดนั้นสามารถช่วยการพยากรณ์อากาศให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจำเป็นต้องมีความรู้ด้านเมฆในทางอุตุนิยมวิทยา และการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละชนิดมาทำการวิเคราะห์ อีกทั้งต้องใช้ประสบการณ์ค่อนข้างมากในการแปลข้อมูลภาพ และแยกชนิดของเมฆ ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปมากมายที่มีประโยชน์ในการใช้งานด้านต่างๆ Environment for Visualizing Images (ENVI) เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโปรแกรมหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในทางอุตุนิยมวิทยา การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพในการวิเคราะห์เมฆทางอุตุนิยมวิทยา โดยผลที่ได้จะนำไปสู่การเกิดภาพใหม่ที่แสดงการแบ่งแยกชนิด ประเภทของเมฆอย่างชัดเจน ง่ายแก่ความเข้าใจและจดจำแก่ประชาชนทั่วไป

คำสำคัญ: ภาพถ่ายดาวเทียม เทคนิคการประมวลผลภาพ การวิเคราะห์เมฆ

Abstract

In meteorological, satellite data for accurate analysis that close to the reality, the most that can help forecast correctly even more. But the analysis of satellite data needs to have knowledge of the cloud meteorological and using satellite data in each type. To analyze need experience quite a lot in the interpretation of the image data and a separate type of cloud. Presently, there are many useful applications program in various aspects. Environment for Visualizing Images (ENVI) is a program to analyze satellite data that can be used in the application analysis satellite data in meteorological. This study was applied satellite data with image processing techniques in analysis of cloud on

^{1,2}ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาฟิสิกส์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

^{1,2} Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150

*Corresponding author: teerawong laosuwan, Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150. E-mail: teerawong@msu.ac.th

meteorological. The results will lead to show new image classification, the types of clouds easy to understand and remember to the general public.

Keyword: Satellite imagery, image processing, cloud analysis

บทนำ

การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นมาจากวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า รีโมตเซนซิง (Remote Sensing) หรือ “การรับรู้ระยะไกล”¹ โดยการรับรู้ระยะไกล หมายถึง การบันทึกหรือการได้มาซึ่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่เป้าหมายด้วยเครื่องรับรู้ (Sensor) โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุ นั้น ๆ ซึ่งอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) เป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณ (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) ของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก^{2,3,4,5} ในกิจการทางด้านอุตุนิยมวิทยา การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นก็ใช้หลักการเดียวกัน คือการให้ดาวเทียมทำหน้าที่บันทึกการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์จากวัตถุต่างๆ ในโลก และส่งกลับมายังสถานีรับภาคพื้นดิน โดยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาดวงแรกของโลกได้ถูกยิงขึ้นสู่วงโคจรรอบโลกเมื่อ 1 เมษายน 2503 ชื่อ TIROS-1 (Television and Infrared Observational Satellite) ซึ่งเป็นดาวเทียมของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อประโยชน์ในการอุตุนิยมวิทยา ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันประเทศต่างๆ ได้ปล่อยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาขึ้นไปอยู่บนอวกาศหลายร้อยดวง⁶

เมฆ⁷ เกิดจากการรวมตัวกันของหยดน้ำขนาดเล็ก มากๆ เกล็ดน้ำแข็งหรือจากทั้ง 2 อย่างรวมตัวกันบริเวณเหนือผิวโลก โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคของเหลวไม่เกิน 200 ไมโครเมตร (μm) สำหรับหยดน้ำที่มีขนาด

ใหญ่กว่าจะรวมตัวกันกลายเป็นฝนละออง หรือฝนยกเว้นเมฆ บางชนิดซึ่งพบบาก (ตัวอย่าง เช่น Nacreous และ Noctilucent) และเมฆซีร์รัส (Cirrus) ที่เกิดขึ้นบริเวณชั้นสเตรโทส-เฟียร์ระดับล่าง ส่วนเมฆที่พบบริเวณชั้นโทรโปสเฟียร์ นั้นลักษณะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ เป็นผลจากการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวตั้ง จากกระบวนการนำความร้อนจากการถูกบังคับให้เคลื่อนที่ขึ้นเหนือพื้นดินหรือจากการเคลื่อนที่เป็นบริเวณกว้างในแนวตั้ง จะสัมพันธ์กับการเกิดพายุหมุนเขตร้อน และการเกิดแนวปะทะอากาศเมฆอาจเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความสูง ณ สภาวะ ความชื้นที่เหมาะสม จากการแปรปรวนที่เกิดขึ้นระดับล่าง และจากสาเหตุอื่นๆ บริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส อนุภาคของเมฆจะประกอบไปด้วยหยดน้ำขนาดเล็กมากๆ ที่มีอุณหภูมิต่ำ -10 องศาเซลเซียส สำหรับเมฆแผ่นและอุณหภูมิต่ำ -25 องศาเซลเซียส สำหรับเมฆที่เกิดขึ้นในแนวตั้ง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -40 องศาเซลเซียส โดยประมาณผลึกน้ำแข็งที่ปกคลุมบริเวณนี้จะรวมตัวกันกลายเป็นเมฆจำนวนมาก ทั้งนี้การจำแนกชนิดของเมฆในทางอุตุนิยมวิทยามีด้วยกันหลายวิธี เช่น

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก⁸ ในปี ค.ศ.1975 ได้จำแนกเมฆออกเป็น 10 ตระกูล ตามลักษณะเบื้องต้น โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้

- 1.ประเภทของเมฆ (รูปร่างและโครงสร้าง)
- 2.ชนิดของเมฆ (การจัดตัวและการโปร่งแสง)
3. ลักษณะเสริมและเมฆที่มาผสม (ตัวอย่าง เช่น incus, mamma, virga,

praecipitatio, arcus, tuba, pileus, velum และ pannus)

4. การเจริญเติบโตของตระกูลเมฆใหม่ จาก เมฆเดิมที่ระบุ โดยการเพิ่ม “genitus” ต่อท้ายเมฆตระกูลเดิมและเอาชื่อของตระกูลใหม่ไว้ข้างหน้า กรณีในส่วน้อยของเมฆเดิม ถูกผลกระทบและเพิ่ม “mutatus” ต่อท้ายเมฆตระกูลเดิมและเอาชื่อของตระกูลใหม่ไว้ข้างหน้า ถ้าใน ส่วนมากหรือทั้งหมดของเมฆเดิมได้รับผลกระทบ ตัวอย่าง Stratocumulus cumulogenitus, or Stratus stratocumulomutatus;

การจำแนกตามระดับความสูงของเมฆ แสดงใน Figure 1 และ Figure 2 (ชั้นสูง ชั้นกลาง และชั้นต่ำ) ณ บริเวณเขตอบอุ่น ชั้นสูงจะมีความสูงระหว่าง 6-12 กิโลเมตร (20,000-40,000 ฟุต) ชั้นกลางจะมีความสูงตั้งแต่พื้นดินถึง 6 กิโลเมตร (0-20,000 ฟุต) และชั้นต่ำจะมีความสูงตั้งแต่พื้นดินถึง 1.5 กิโลเมตร (0-5,000 ฟุต)

1. เมฆชั้นสูง ได้แก่ เมฆซีร์รัส (Cirrus) เมฆซีร์โรคิวมูลัส (Cirrocumulus) และเมฆซีร์โรสเตรตัส (Cirrostratus)

2. เมฆชั้นกลาง ได้แก่ เมฆแอลโตคิวมูลัส (Alto cumulus) และเมฆแอลโตสเตรตัส (Altostratus) (บ่อยครั้งมีการขยายตัวขึ้นสูงกว่า) และเมฆนิมโบสเตรตัส (Nimbostratus) (โดยปกติแล้วมักมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นทั้งสูงกว่า และต่ำกว่า)

3. เมฆชั้นต่ำ ได้แก่ เมฆสเตรโตคิวมูลัส (Stratocumulus) เมฆสเตรตัส (Stratus) เมฆคิวมูลัส (Cumulus) และเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) (เมฆคิวมูลัส และเมฆคิวมูโลนิมบัส พบบ่อยครั้ง ก่อตัวในแนวตั้งสามารถยื่นถึงระดับชั้นกลางและชั้นสูง)



Figure 1 Low-level clouds, Mid-level clouds and High-level clouds

(<http://www.thaigoodview.com/node/146174>)

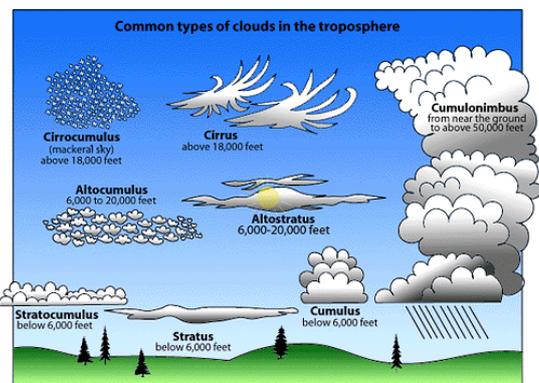


Figure 2 Cloud type

(<http://eo.ucar.edu/webweather/cloud3.html>)

การจำแนกแบบไม่เป็นทางการ

1. ตามกระบวนการทางกายภาพของเมฆก้อนและเมฆชั้น (หรือเมฆแผ่น)

2. ตามส่วนประกอบเมฆ เช่น เมฆที่เกิดจากเกล็ดน้ำแข็ง เมฆที่เกิดจากหยดน้ำ หรือ เมฆผสมระหว่างเกล็ดน้ำแข็งและหยดน้ำ สำหรับรูปร่าง ลักษณะของเมฆนั้น มีแสดงเป็นภาพประกอบอยู่ในคู่มือขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลกในปี ค.ศ.1987^{9,10}

การศึกษานี้ได้นำเสนอการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและเทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับการวิเคราะห์เมฆในทางอุตุนิยมวิทยา โดยแยกชนิดต่างๆ ของเมฆที่ปรากฏในบรรยากาศจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) และในช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ที่มีขนาดเท่ากัน วันและเวลาเดียวกัน

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Multifunctional Transport Satellite-2 (MTSAT-2) จากหน่วยงาน Japanese Ministry of Transport Civil Aviation Bureau & Meteorological Agency ของประเทศญี่ปุ่นที่ใช้ประโยชน์ด้านการอุตุนิยมวิทยา การสื่อสาร และการนำร่อง และเป็นดาวเทียมชนิดวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite)^{11,12}

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 จะโคจรรอบโลกใช้เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเอง ซึ่งวงโคจรจะอยู่ในตำแหน่งเส้นศูนย์สูตรของโลก และจะโคจรไปในทางเดียวกับการหมุนของโลก ด้วยความเร็วเท่ากัน ดังนั้นตำแหน่งของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจะสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นโลกในบริเวณเดิมเสมอ โดยวงโคจรมีความสูงจากพื้นโลกประมาณ 35,800 กิโลเมตร สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) ที่ความยาวคลื่น 10.3 – 11.3 μm และในช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ที่ความยาวคลื่น 0.50 – 0.80 μm ^{13,14,15}

วิธีการดำเนินการ

สำหรับการศึกษานี้ได้แบ่งขั้นตอนของการดำเนินการดังนี้ (Figure 3)

1. ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) และช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ที่มีขนาดเท่ากัน วันและเวลาเดียวกัน โดยสามารถดาวน์โหลดได้จาก Japanese Ministry of Transport Civil Aviation Bureau & Meteorological Agency ที่เว็บไซต์ <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/>

2. ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับการวิเคราะห์เมฆ ด้วยวิธีผสมสีเท็จ (False Color Composite) ในโปรแกรม ENVI¹⁶ โดยกำหนดให้แสงสีแดง (Red) และแสงสีเขียว (Green) ใช้ช่วง

คลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ส่วนแสงสีน้ำเงิน (Blue) ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) ภาพที่ได้แสดงใน Figure 3

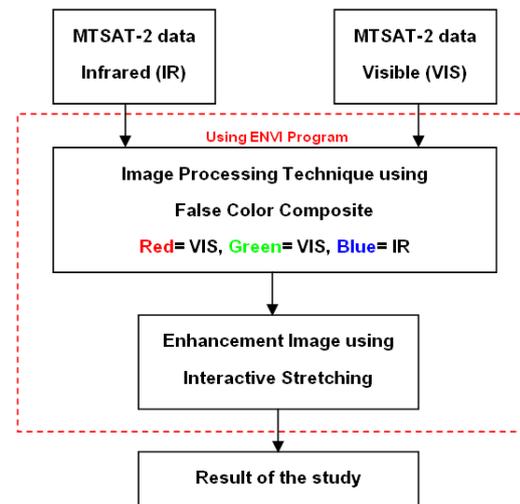


Figure 3 Flowchart of the study

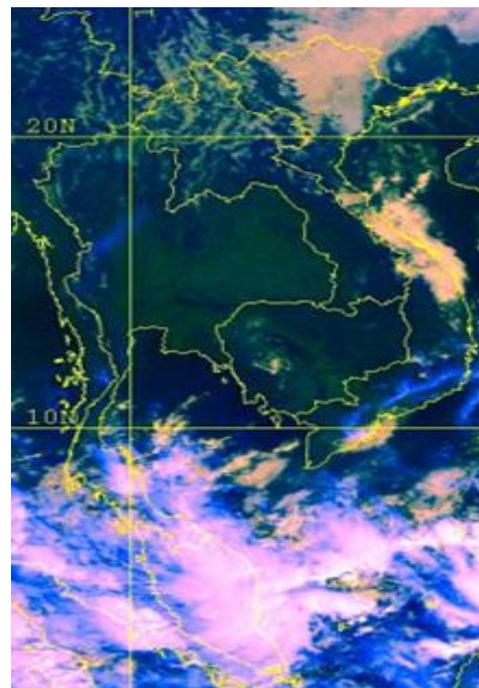


Figure 4 False Color Composite

3. ทำการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (Enhancement Image) ด้วยวิธี Interactive Stretching โดยวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการปรับข้อมูลส่วนที่เลือกไว้โดยการใส่สมการเส้นตรงโดยค่าใหม่จะเท่ากับ $A + B \times \text{ค่าเก่า}$ เมื่อ $0 \leq (A + B \times \text{ค่าเก่า}) \leq M$, เท่ากับ 0 เมื่อ $(A +$

$B \times \text{ค่าเก่า} < 0$ และเท่ากับ M เมื่อ $(A + B \times \text{ค่าเก่า}) > M$ โดย A เป็นค่าจุดตัดแกน y และ B เป็นความลาดชันของกราฟ M คือ ค่าสูงสุดที่ข้อมูลสามารถแปลงได้ เช่น 255

ทั้งนี้ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลด้วยวิธี Interactive Stretching นั้นจะต้องดำเนินการทั้งแสงสีแดง (Red) แสงสีเขียว (Green) และแสงสีน้ำเงิน (Blue) ดังแสดงใน Figure 5, Figure 6 และ Figure 7

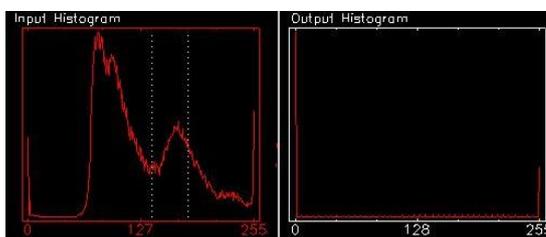


Figure 5 Red Color

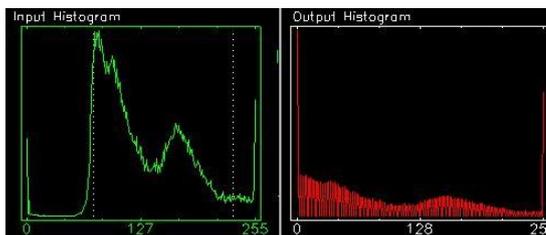


Figure 6 Green Color

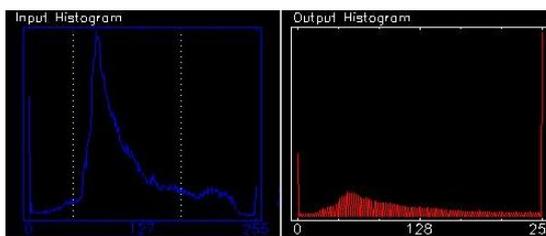


Figure 7 Blue Color

4. ทำการจำแนกชั้นและประเภทของเมฆตามสีของเมฆภายใต้วิธีการของอุตุนิยมวิทยาและการพยากรณ์อากาศ¹⁷ ดังแสดงใน Figure 8.

Cloud color		Cloud type
Blue		High cloud
Orange		Medium cloud
Yellow		Low cloud
Pink		Convective cloud; (Cumulus) Cu
White by pink surrounded		Convective cloud; (Cumulonimbus) Cb

Figure 8 Comparison of color, kind and type of cloud¹⁷

ผลการดำเนินการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยโปรแกรม ENVI ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2 ช่วงคลื่น Infrared (IR) และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2 ช่วงคลื่น Visible (VIS) มาซ้อนทับกันและใส่ค่าสี 3 ค่าอันประกอบด้วยค่า R (Red), G (Green) และ B (Blue) จะให้ค่าสีของเมฆจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ออกมาในรูปแบบของภาพสีใหม่เกิดขึ้น จากนั้นทำการ Enhance ภาพสีที่ได้มาอีกขั้นตอนหนึ่งเพื่อที่จะทำให้ภาพที่ปรากฏใหม่นี้สมบูรณ์ที่สุด โดยวิเคราะห์ตามทฤษฎีการวิเคราะห์และการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยปรับค่าต่างๆ ในโปรแกรมนี้ให้ได้สีของเมฆใกล้เคียงและถูกต้องกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยผลการดำเนินการสามารถแยกชั้นและประเภทของเมฆตามสีของเมฆ

ใน Figure 9 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) และภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ที่มีขนาดเดียวกัน วันและเวลาเดียวกันเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2556 เวลา 13.00 น.

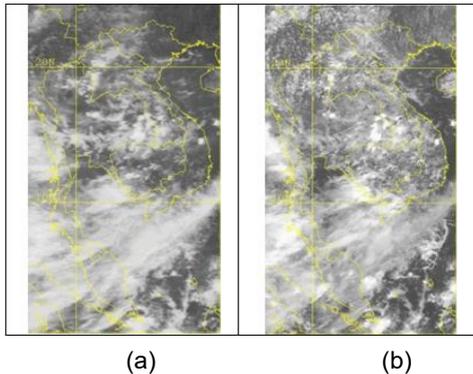


Figure 9 Comparison of (a) IR and (b) VIS on 2 May 2013 before analysis

สำหรับภาพสีใหม่ที่ได้นี้จะปรากฏลักษณะของเมฆและชนิดของเมฆอยู่ในรูปของสีต่างๆ ตาม Figure 8 ขึ้นมาอย่างชัดเจน ซึ่งการวิเคราะห์ภาพเมฆโดยใช้โปรแกรม ENVI เป็นวิธีง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนในการแยกประเภทของเมฆซึ่งมีความถูกต้องค่อนข้างสูง ดังแสดงใน Figure 10

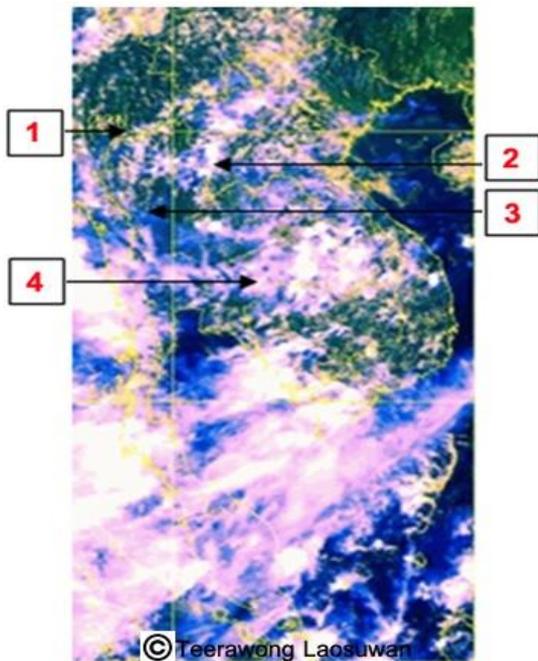


Figure 10 After analysis

จาก Figure 9 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ซึ่งเป็นภาพขาวดำ (Gray scale) มีค่าในจุดภาพ (Pixel) ระหว่าง 0-255 หรือ 256 ค่า เมื่อผ่านการใช้โปรแกรม ENVI เข้าไปวิเคราะห์จะทำให้เกิดภาพสีใหม่เกิดขึ้น (Figure 10) ซึ่งลักษณะของสีที่เกิดขึ้นสามารถวิเคราะห์ชนิดและประเภทของเมฆได้ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 สีเหลืองปกคลุมทางด้านตะวันตกของภาคเหนือเป็นเมฆชั้นต่ำ

กลุ่มที่ 2 สีขาวมีสีชมพูล้อมรอบปกคลุมทางด้านตะวันออกของภาคเหนือเป็นเมฆ Convective Cloud ประเภท Cumulonimbus (Cb)

กลุ่มที่ 3 สีน้ำเงินปกคลุมทางตอนล่างของภาคเหนือเป็นเมฆชั้นสูง

กลุ่มที่ 4 สีชมพูปกคลุมทางตอนบนของภาคตะวันออกเป็นเมฆ Convective Cloud ประเภท Cumulus (Cu)

สำหรับการวิเคราะห์ภาพสีใหม่ที่เกิดขึ้นนี้เพื่อความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ผู้ศึกษาได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแผนที่ตรวจอากาศจริง (แผนที่รายละเอียด) ของกรมอุตุนิยมวิทยา เมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2556 เวลา 13.00 น. ดังแสดงใน Figure 11 ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะของเมฆที่ปกคลุมได้ดังนี้

1. กลุ่มเมฆที่ปกคลุมทางด้านตะวันตกของภาคเหนือบริเวณ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ทางภาคเหนือเป็นเมฆชั้นต่ำสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ENVI ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ เนื่องจากผลที่ได้เป็นสีเหลือง

2. กลุ่มเมฆที่ปกคลุมทางด้านตะวันออกของภาคเหนือบริเวณ จ.น่าน เป็นเมฆ Convective Cloud ประเภท Cb สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ENVI เนื่องจากเป็นสีขาวโดยมีสีชมพูล้อมรอบ

3. กลุ่มเมฆที่ปกคลุมทางตอนล่างของภาคเหนือบริเวณ จ.กำแพงเพชร เป็นเมฆชั้นสูง สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ENVI เนื่องจากเป็นสีน้ำเงิน

4. กลุ่มเมฆที่ปกคลุมทางตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณ จ.ปราจีนบุรีเป็นเมฆ Convective Cloud ประเภท Cu สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ENVI เนื่องจากเป็นสีชมพู

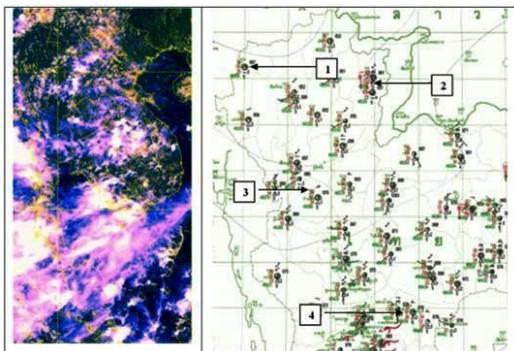


Figure 11 Comparison of satellite image (a) and map detail of meteorology (b)

สรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared: IR) และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image processing) โดยใช้โปรแกรม ENVI นั้นมีขั้นตอนไม่ซับซ้อนในการใช้งาน อีกทั้งภาพใหม่ที่ปรากฏขึ้นมามีสีไม่มาก ภาพที่มองเห็นก็ชัดเจน ความถูกต้องในการวิเคราะห์ภาพค่อนข้างสูง ง่ายแก่การจดจำและเข้าใจ เหมาะกับนักอุตุนิยมวิทยา ประชาชน และผู้สนใจทั่วไปที่สนใจงานด้านอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำภาพที่ปรากฏขึ้นใหม่ไปใช้วิเคราะห์และแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่างรวดเร็ว แต่การใช้โปรแกรม ENVI กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองชนิดนี้ สิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งที่เป็น

ข้อจำกัดก็คือไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรูปแบบนี้ได้ในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นมองเห็นได้ (Visible: VIS) ไม่มีในเวลากลางคืน

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล. กองสำรวจทรัพยากร-ธรรมชาติด้วยดาวเทียม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร; 2540.
2. สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร; 2536.
3. สมพร สง่างศ์. รีโมทเซนซิงเบื้องต้น และกรณีศึกษา รีโมทเซนซิง. นพบุรีการพิมพ์ เชียงใหม่; 2543.
4. JARS. Remote Sensing Note Murai S. (ed.), Japan Association on Remote Sensing; 1993.
5. Lillesand T.M. and Kiefer R.W. Remote sensing and image interpretation 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc; 1994.
6. สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก : <http://www.space.mict.go.th/home.php>.
7. หนังสืออุตุนิยมวิทยา. กรมอุตุนิยมวิทยา. ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก : <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=74>.
8. World Meteorological Organization. International Cloud Atlas: Manual on the observation of clouds and other meteors.

- WMO-No. 407. I (text). Geneva: World Meteorological Organization; 1975.
9. World Meteorological Organization. International Cloud Atlas: Manual on the observation of clouds and other meteors. WMO-No. 407. II (plates). Geneva: World Meteorological Organization. pp. 196; 1987.
10. รังสรรค์ อากาศัพภะกุล. อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2547
11. Japan Meteorological Agency. Meteorological Satellites.ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก: <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/>.
12. Kochi University. Weather Home.ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก: <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/index-e.html>.
13. Teerawong Laosuwan, Singthong Pattanase- thanon, and Worawat Sangiamvibool, Automated Cloud Detection of Satellite Imagery Using Spatial Modeler Language and ERDAS Macro Language, IETE Technical Review, 30 (3), pp 183-190; 2013.
14. ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2555
15. Tanutdech Rotjanakusol. Development of Algorithm for Assessment of Cloud Properties. International Journal of Recent Technology and Engineering, 2(3), pp 129-132; 2013
16. ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. เอกสารประกอบการสอนวิชา Satellite Image Processing. สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2556
17. ประเสริฐสุทธิ สุทธิเทศ. การวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม ENVI. ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลเรดาร์และดาวเทียม อุตุนิยมวิทยา.สำนักพยากรณ์อากาศ. กรมอุตุนิยมวิทยา; 2547