

โครงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆ
กับภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA

The validation of cloud forecast data accuracy with Image from TERRA

ศิรินทรา อินทร์ถนอม อนุสรณ์ รังสิพานิช สมศักดิ์ เกตุแก้ว สรรพชัย ศรีสุพรรณ

Sirintha Intanom Anusorn Rungsipanich Somsak Ketkeaw Sanpat Srisuphan

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

โทรศัพท์ 038-490857 โทรสาร 038-400091

E-mail : sirintha@gistda.or.th anusorn_rung@hotmail.com sketkeaw@gistda.or.th

sanpatsrisuphan@eoc.gistda.or.th

บทคัดย่อ

ในการวางแผนถ่ายภาพของดาวเทียมไทยโชตที่ผ่านมา นั้น อุปสรรคสำคัญในการวางแผนถ่ายภาพคือไม่สามารถเลือกส่งถ่ายภาพเฉพาะบริเวณที่มีปริมาณเมฆปกคลุม ไม่เกินข้อกำหนด เนื่องจากข้อจำกัดของดาวเทียมและความแปรปรวนของสภาพอากาศของประเทศไทย สหอก. จึงได้ให้ความสำคัญกับการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มความสำเร็จในการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีปริมาณเมฆไม่เกินข้อกำหนดที่ยอมรับได้

ในงานวิจัยนี้ ผู้เขียนได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างข้อมูลพยากรณ์เมฆจากหน่วยด้านการพยากรณ์อากาศประเทศแคนาดา (เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการวางแผนถ่ายภาพดาวเทียมไทยโชตในปัจจุบัน) ซึ่งมีรายละเอียดภาพประมาณ 60 x 60 ตารางกิโลเมตร ในรูปแบบ GRIB2 กับ ภาพสีผสมจริงจากดาวเทียม TERRA ระบบ MODIS มีรายละเอียดภาพ 1 x 1 ตารางกิโลเมตร โดยใช้พื้นที่ตัวอย่างบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (มุ่งเน้นบริเวณประเทศไทย) ในช่วงเดือน ตุลาคม – ธันวาคม พ.ศ.2554 ซึ่งเป็นช่วงของการเปลี่ยนผ่านฤดูกาล ผลการวิจัยพบว่าจากการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆกับภาพสีผสมจริงจากดาวเทียมมีค่าประมาณ 67.25 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การวางแผนถ่ายภาพดาวเทียมไทยโชต, ข้อมูลพยากรณ์เมฆ, การประเมินความถูกต้อง, สำนักงานภูมิอากาศประเทศแคนาดา, ภาพถ่ายปลอดเมฆจากดาวเทียม

ABSTRACT

In order to deliver satellite imagery products which meet customer's expectation, Thaichote mission planning team has been challenged from targets on earth selection which cloud coverage percentage is in an acceptable range. Due to the satellite sensors (optical) and the variance of Thailand weather, this study will focus on assessing the accuracy of cloud forecast data by comparing with actual satellite imagery.

This cloud forecast data accuracy's validation process initially compares between cloud forecast data from Canadian Meteorological Centre (CMC); namely Total Cloud Cover (TCDC), generated in GRIB2 format with 60 kilometers in resolution, and true color image from MODIS system of TERRA satellite with 1 kilometer in resolution. The working area scope focused on South-East Asia (mainly in Thailand), from October until December 2011. The result of this studies show that an accuracy of cloud forecast data is approximately 70 percent.

Keyword : Thaichote mission planning, cloud forecast data, accuracy assessment, Canadian Meteorological Centre (CMC), Total Cloud Cover (TCDC), Cloud free satellite images.

1. บทนำ

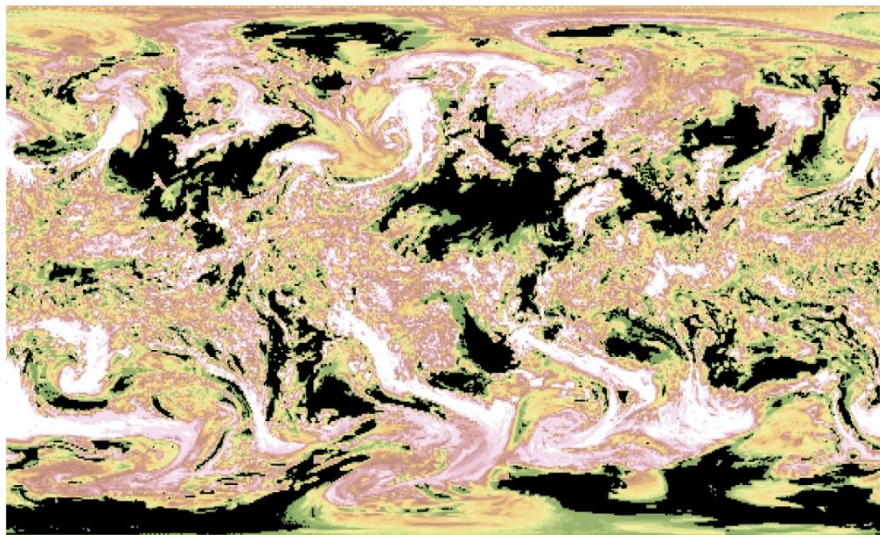
สภาพภูมิอากาศที่มีความแปรปรวนทำให้มีผลกระทบในหลายๆด้านรวมถึงการวางแผนถ่ายภาพของดาวเทียมไทยโชต ซึ่งทำให้เมื่อดาวเทียมถ่ายภาพแล้วถูกเมฆบดบังพื้นที่ที่ต้องการบันทึกข้อมูล ทำให้การใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมมีประสิทธิภาพลดลง จากที่ฝ่ายวางแผนถ่ายภาพเริ่มใช้งานข้อมูลพยากรณ์เมฆ พบว่าจากการประเมิน ด้วยสายตานั้นยังมีความผิดพลาดและไม่สามารถให้คำตอบกับลูกค้าได้ว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ได้มานั้นมีเมฆปกคลุมอยู่ปริมาณเท่าไร และเป็นเพียงแค่การพิจารณาจากความต้องการของลูกค้าว่าต้อง การรับข้อมูลนั้นหรือไม่ นอกจากนั้นแล้วการถ่ายภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรนั้น หากไม่มีการพยากรณ์เมฆล่วงหน้าก่อนการวางแผนถ่ายภาพแล้ว จะทำให้ไม่สามารถยืนยันกับลูกค้าหรือผู้ใช้ภาพได้ว่าคำสั่งที่ได้ส่งถ่ายไปจะได้ภาพที่ปลอดเมฆหรือไม่ ดังนั้นจึงได้มีโครงการวิจัยนี้ขึ้นมาเพื่อทำการประเมินเมฆก่อนถ่ายภาพ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆจากสำนักพยากรณ์อากาศ ประเทศแคนาดา ที่เป็นข้อมูลที่ให้บริการแบบไม่มีค่าใช้จ่ายแก่ผู้ที่สนใจ และเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก มีรายละเอียดที่ 60 x 60 ตารางกิโลเมตร นอกจากนั้นแล้ว ข้อมูลพยากรณ์เมฆเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ GRIB2 File ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลตั้งต้น ของการพยากรณ์จากแบบจำลอง พยากรณ์ และนำมาวิเคราะห์หาความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลเมฆจากดาวเทียม TERRA ซึ่งมีการถ่ายภาพในบริเวณประเทศไทยเป็นประจำทุกวันต่างจากดาวเทียมไทยโชตที่ไม่สามารถถ่ายได้ทุกวันซึ่งเกิดจากวงโคจรของดาวเทียม แต่อย่างไรก็ดี คณะวิจัยพบว่าข้อจำกัดของรายละเอียดที่กว้างถึง 60 x 60 ตารางกิโลเมตร นี้ยังไม่สามารถบอกความถูกต้องของที่มีขนาดเล็กได้ ทำได้เพียงเป็นข้อมูลพยากรณ์พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ในระดับของภูมิภาคและที่สำคัญค่าการปกคลุมของเมฆที่ได้จากข้อมูลพยากรณ์เมฆนี้ ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า ค่าการปกคลุมของเมฆมีการกระจายตัว แบบใด แบบแบ่งชั้นเมฆ หรือรวมเมฆในทุกๆชั้น จึงต้องทำการทำวิจัยต่อยอดขึ้นไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1. วิเคราะห์หาค่าความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นสถิติ และนำค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์มาจัดทำข้อมูลเพื่อเพิ่มโอกาสในการถ่ายภาพให้ปลอดภัยในแต่ละฤดูกาล
- 2.2. ใช้ข้อมูลพยากรณ์เมฆที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนถ่ายภาพกับดาวเทียมไทยโชตเพื่อให้ภาพถ่ายดาวเทียมมีประโยชน์สูงสุด
- 2.3. นำค่าความถูกต้องที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละพื้นที่มาวิเคราะห์หาโอกาสในการถ่ายภาพปลอดภัยจากดาวเทียม TERRA

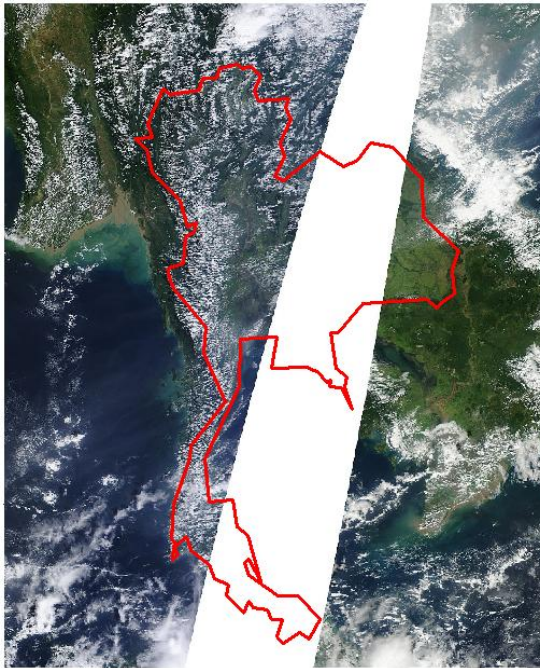
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

- 3.1. ข้อมูลพยากรณ์เมฆที่ใช้ในการวางแผนถ่ายภาพในปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลจากสำนักพยากรณ์อากาศ ประเทศแคนาดา อยู่ในรูปแบบของ GRIB2 (GRidded Binary or General Regularly-distributed Information in Binary form) ซึ่งข้อมูลพยากรณ์เมฆหรือเรียกว่า Total Cloud Cover นี้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลพยากรณ์อากาศซึ่งเป็นข้อมูลในรูปแบบตารางกริดในแต่ละช่องกริดนั้นจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ของเมฆ หรือ ค่าการปกคลุมของเมฆ (TCDC : Total Cloud Cover) กำกับอยู่ซึ่งจะมีค่าที่ 0 - 100% และมีค่าความละเอียดของภาพ 60 60 ตารางกิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลพยากรณ์ล่วงหน้า 27 ชั่วโมงนับจากเวลาที่เริ่มวางแผนถ่ายภาพให้กับดาวเทียมไทยโชตซึ่งเป็นเวลาที่ใกล้เคียงกับการถ่ายภาพพื้นที่ประเทศไทย ณ เวลาท้องถิ่นประมาณ 1000 น.ของวันถัดไปดาวน์โหลดข้อมูลพยากรณ์เมฆได้ที่ http://dd.weatheroffice.ec.gc.ca/model_gem_global/high_resolution/grib2/lat_lon/00/



รูปที่ 1 แสดงข้อมูลพยากรณ์(GRIB2)

- 32 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมTERRA ซึ่งดาวเทียมนี้จะโคจรซ้ำบริเวณเดิมทุก 16 วัน และผ่านประเทศไทยในช่วงเช้า มีระบบASTER บันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่กว้าง 60 ตารางกิโลเมตร และยังมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนดาวเทียมTERRA เป็นอุปกรณ์แบบหลายช่วงคลื่น เรียกว่าhyperspectral system มีจำนวนช่วงคลื่นถึง 36 ช่วง ครอบคลุมตั้งแต่ช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นไปจนถึงอินฟราเรดความร้อน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น การแยกแยะสิ่งปกคลุมดิน คุณสมบัติของเมฆและละอองลอยในบรรยากาศ สีของมหาสมุทร และการตรวจหาแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) อุณหภูมิของพื้นผิวดินและมหาสมุทร เป็นต้น จากนั้นเลือกใช้ข้อมูลแบบTrue Color ที่มีความละเอียดของภาพที่ 1 ตารางกิโลเมตร ดาวเทียมTERRA ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมTERRA เมฆได้ที่<http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imager/imagery/subsets/?subset=Indochina2>



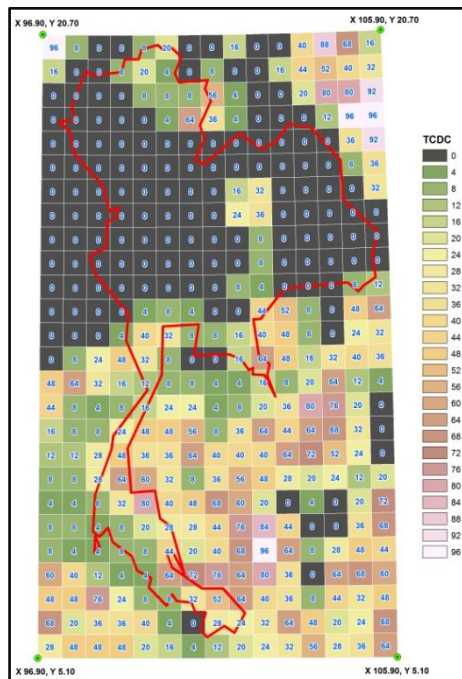
รูปที่ 2 แสดงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA แบบ True Color

4. กระบวนการวิจัย



รูปที่ 3 แสดงกระบวนการวิจัยเพื่อหาค่าความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆ

4.1. จัดเตรียมข้อมูลพยากรณ์เมฆ(GRIB2 : GRidded Binary or General Regularly-distributed information in Binary form) ด้วยการแปลงข้อมูลจาก GRIB2 ให้เป็นข้อมูลในรูปแบบ Shap File ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีค่าของ TCDC กำหนดไว้แต่ละช่องกริด จากนั้นกำหนดพื้นที่ที่ศึกษาครอบคลุมประเทศไทยดังตัวอย่างรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงข้อมูลพยากรณ์เมฆในรูปแบบของ Shape file ที่มีพิกัดเดียวกับพื้นที่ศึกษาวิจัย

4.2. จัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA โดยเลือกข้อมูลแบบ TRUE Color ที่มีความละเอียดของภาพที่ 1 x 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบภาพสีผสมจริง (TRUE color composite) เป็นการนำช่วงคลื่นข้อมูล ดาวเทียมในช่วงสีน้ำเงิน เขียว และแดงซึ่งให้สีเสมือนจริง โดยงานวิจัยนี้จะนำช่วงคลื่นสีน้ำเงินมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นเมฆและข้อมูลที่ไม่ใช่เมฆออกจากภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยกำหนดค่าความเข้มของจุดภาพที่มีค่าตั้งแต่ 0 - 255 (Digital Number) ให้มีเงื่อนไข ดังนี้

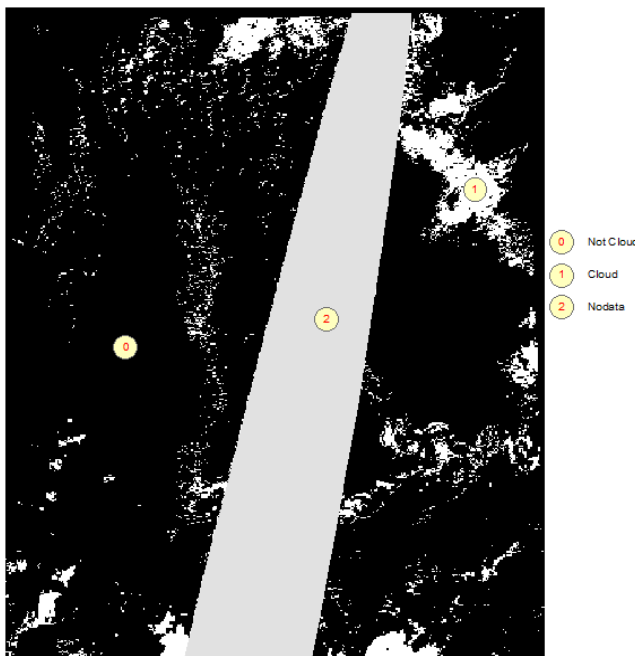
ค่า Blue Band ≥ 200 มี Code เป็น 1 และ ค่า Blue Band < 200 มี Code เป็น 2

Blue Band คือ การกำหนดช่วงคลื่นสีน้ำเงิน

200 คือ แสดงระดับความเข้มของจุดภาพ (Threshold)

(ซึ่งค่า 200 นี้เป็นค่าที่มีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์เมฆจากการทดสอบค่า Threshold ที่สุด)

1 คือ แทนค่าจุดภาพที่เป็นสีขาว



รูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าเป็นเมฆ ข้อมูลที่ค่าไม่ใช่เมฆและข้อมูลที่มีค่าเป็น NO DATA ออกจากภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยโปรแกรม ERDAS

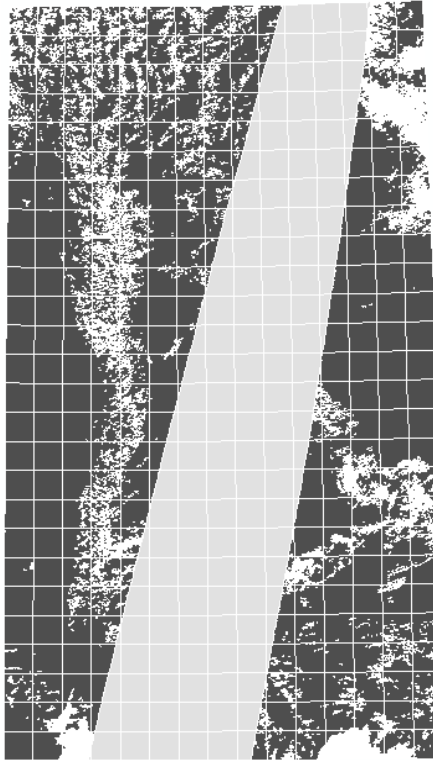
จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าการเกิดช่องว่างระหว่างวงโคจรในบางวันของแนวการถ่ายภาพของดาวเทียมที่ไม่สามารถบอกข้อมูลได้ว่ามีเมฆหรือไม่เมฆ จึงกำหนดให้ข้อมูลในส่วนนั้นเป็น No Data และไม่นำมาคำนวณหาความถูกต้องร่วมด้วย

เมื่อได้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) ข้อมูลที่มีค่าเป็นเมฆ (GRIDCODE 1)
- 2) ข้อมูลที่ค่าไม่ใช่เมฆ (GRIDCODE 0)

3) ข้อมูลที่มีค่าเป็น NO DATA (GRIDCODE 2)

ทำการแปลงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA ให้อยู่ในรูปแบบของ Shape File จากนั้นกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัยที่ครอบคลุมประเทศไทยที่กำหนดพิกัดไว้แล้ว จะได้จำนวนกริดทั้งหมด 390 กริดเท่ากับข้อมูลพยากรณ์เมฆและทำการแปลงค่าความละเอียดของภาพจาก 1 x 1 ตารางกิโลเมตร เป็น 60 x 60 ตารางกิโลเมตร เพื่อให้มีความเหมาะสมในการนำไปเปรียบเทียบ



รูปที่ 6 แสดงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA ในรูปแบบ Shape file ที่แปลงความละเอียดของภาพเป็น 60 x 60 ตารางกิโลเมตร แล้ว

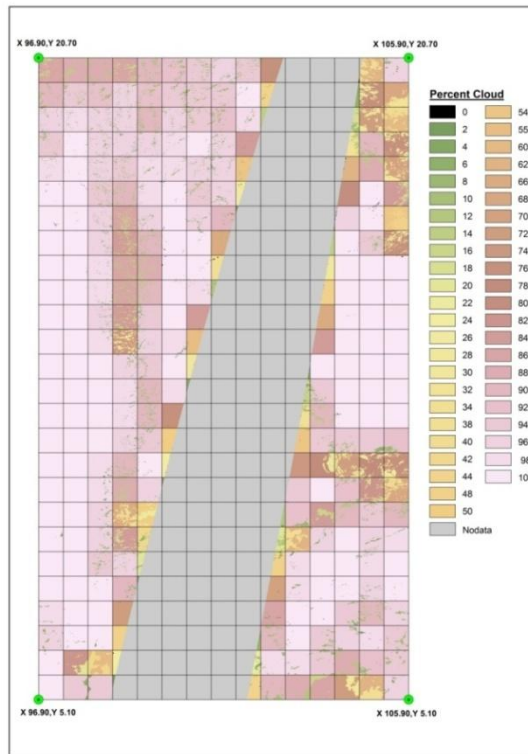
เมื่อได้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA ในรูปแบบของ shape file แล้วทำการกำหนดชื่อ (ID NAME) ให้แต่ละช่องกริดทั้ง 390 ช่องกริด และนำมาวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์เมฆโดยการคำนวณแบบกริดต่อกริดด้วยการคำนวณเนื้อที่เมฆเทียบกับ เนื้อที่ของแต่ละช่องกริดซึ่งจะได้สูตรดังนี้

$$\frac{\text{Cloud} \times 100\%}{60 \times 60 \text{ Km}^2} \quad (1)$$

Cloud คือ พื้นที่ที่มีเมฆต่อหนึ่งช่องกริด

60 x 60 Km² คือ พื้นที่ทั้งหมดต่อหนึ่งช่องกริด

แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงผลลัพธ์การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของเมฆ

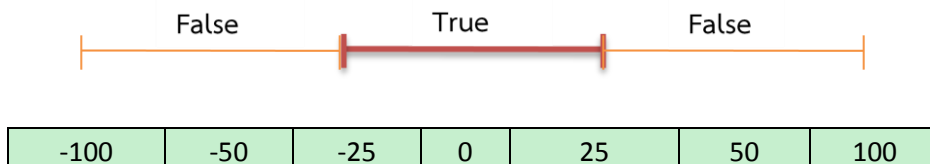
1. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาค่าความถูกต้อง ดังนี้ นำค่าเปอร์เซ็นต์เมฆของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA มาเปรียบเทียบกับ ค่า TCDC ของข้อมูลพยากรณ์เมฆ (GRIB2) โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาค่าของผลต่าง (Difference) และใช้สูตรในการคำนวณดังเงื่อนไข

$$\text{ค่า Diff} = \text{Percent Cloud (TERRA)} - \text{TCDC (GRIB2)} \quad (2)$$

เมื่อได้ค่าของผลต่าง (Diff) แล้วจึงกำหนดเงื่อนไขในช่วงค่าของความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งค่าของผลลัพธ์ในช่วงนี้นั้นกำหนดให้เป็นค่า True ดังนี้

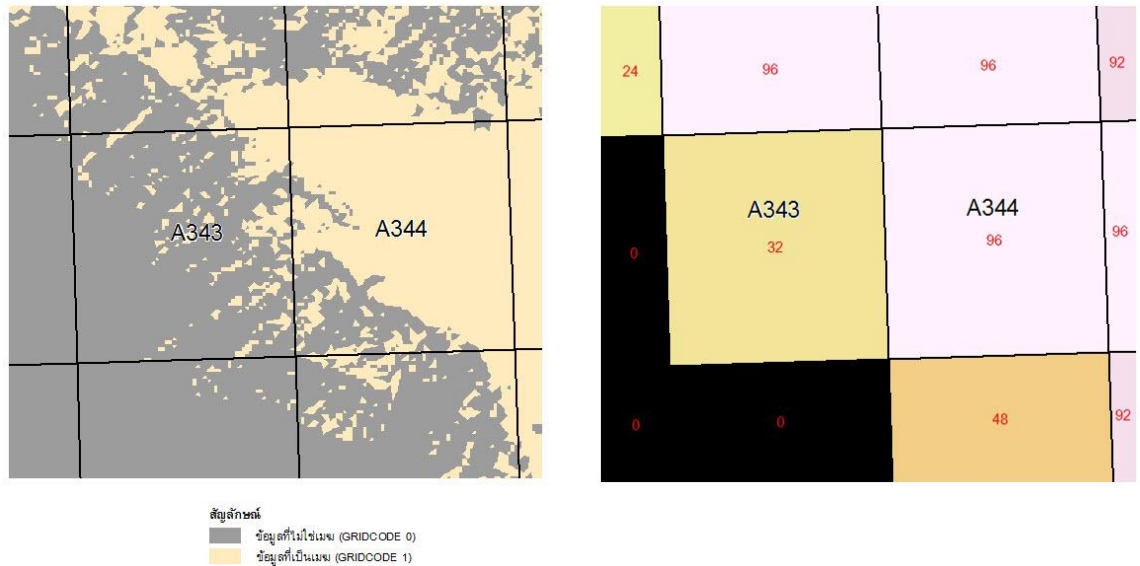
ข้อมูลที่เป็นเมฆ (GRIDCODE 1) ที่ ค่า $-25 \geq \text{Diff} \leq 25$

GRIDCODE 1



จากสูตรค่าที่ได้หลังจากที่ได้ผ่านการทดสอบค่าช่วงของความถูกต้องระหว่างข้อมูลพยากรณ์เมฆกับภาพถ่ายดาวเทียม TERRA แล้วพบว่าค่าความถูกต้องที่มากกว่าหรือเท่ากับ -25 ถึง 25 ในข้อมูลที่เป็นเมฆให้ความถูกต้องที่ใกล้เคียงที่สุดเมื่อนำมาเทียบกับแบบจุดต่อกับภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA และค่าที่ไม่ได้อยู่ในช่วงความถูกต้องกำหนดค่าให้เป็นค่า False ส่วนค่าของ NO DATA นั้นไม่นำมาคิดค่าของผลต่าง

ดังตัวอย่างรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงข้อมูลเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียม TERRA และข้อมูลเมฆจากข้อมูลพยากรณ์เมฆ

จากรูปที่ 8 จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเมฆด้วยการตั้งค่าสี Blue Band จากภาพถ่ายดาวเทียม TERRA จะได้อัตราดังนี้

ตารางกริดที่ A344 GRIDCODE 0 = 18.18% GRIDCODE 1 = 81.82%

ข้อมูลพยากรณ์เมฆ (GRIB2) มีค่า TCDC = 96%

เมื่อนำมาเข้าสู่สูตรที่ (2) จะได้ดังนี้

$$\text{Diff} = 81.82 - 96$$

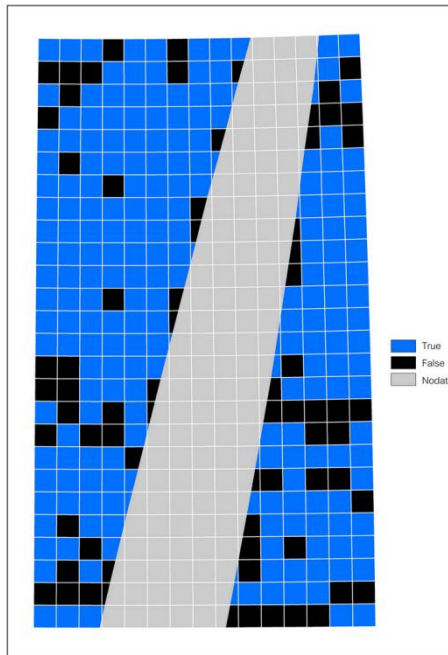
$$\text{Diff} = -14.18$$

เพราะฉะนั้น ค่า Diff = -14.18 % ซึ่งอยู่ในค่าช่วงที่กำหนดให้คือ ระหว่าง -25 ถึง 25 % จึงทำให้ค่านี้เป็นค่าที่ถูกต้อง ซึ่งกำหนดค่าเป็น TRUE

สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

เมื่อค่าของ GRIDCODE 1 ที่วิเคราะห์หานั้นมีค่าที่อยู่ในช่วง -25 ถึง 25 จะทำให้ค่าในตารางกริดช่องนั้นมีค่าเป็น TRUE ถ้าไม่ได้อยู่ในช่วงดังกล่าว จะมีค่าเป็น FALSE และ GRIDCODE ที่ไม่สามารถบอกข้อมูลได้ ให้เป็นค่า NO DATA

เมื่อได้ค่าจากการวิเคราะห์ TRUE FALSE และ NO DATA จากทั้งหมด 390 กริดต่อ 1 วันแล้ว จึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละข้อมูล แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลดังรูปที่ 8



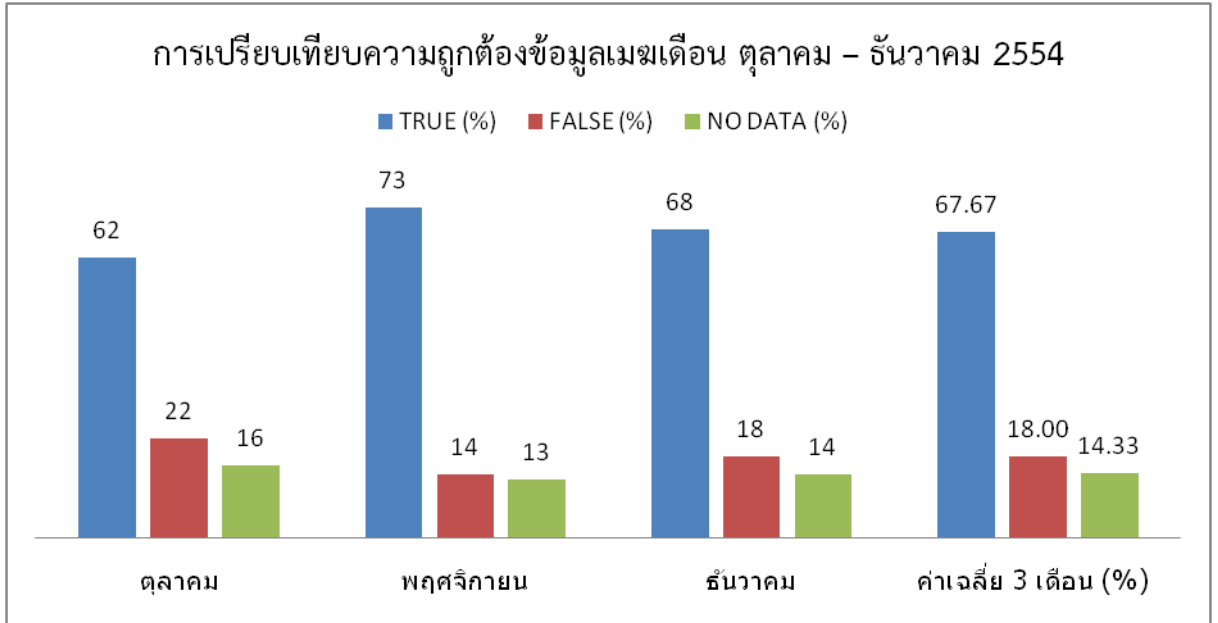
รูปที่ 8 แสดงผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบข้อมูล

5. ผลลัพธ์ของข้อมูล

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนั้นพบว่า ข้อมูลพยากรณ์เมฆที่ทางฝ่ายวางแผนถ่ายภาพใช้นั้นมีความถูกต้องประมาณ 69.67 % โดยเดือนที่มีความถูกต้องมากที่สุดคือ เดือน พฤศจิกายน 2554 ซึ่งเป็นช่วงของการเริ่มต้นการถ่ายภาพทั่วประเทศไทยประจำปีหรือเรียกว่า Project All Thailand ดังตารางและกราฟแสดงผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ทำให้เห็นถึงความสำคัญของประโยชน์จากการพยากรณ์เมฆก่อนทำการวางแผนถ่ายภาพในด้านต่างๆ เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ได้นำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิตและประหยัดเวลา

ตารางที่ 1 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบความถูกต้องข้อมูลเมฆเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2554

เดือน	TRUE (%)	FALSE (%)	NO DATA (%)
ตุลาคม	62	22	16
พฤศจิกายน	73	14	13
ธันวาคม	68	18	14
ค่าเฉลี่ย 3 เดือน (%)	67.67	18.00	14.33



รูปที่ 9 กราฟแสดงความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆตั้งแต่เดือน ต.ค. 2554 – ธ.ค. 2554

ซึ่งในการวิจัยนี้อาจมีค่า Error ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ดังนี้

พิจารณาจาก GRIDCODE 1 กำหนดให้เป็นค่าที่มีเมฆ ได้ดังต่อไปนี้

- GRIDCODE 1 กำหนดค่าพยากรณ์ที่เป็นเมฆ จะค่าพยากรณ์ที่ถูกต้องในช่วงของค่า Diff ที่อยู่ระหว่าง -25 ถึง 25 และค่าพยากรณ์ที่ผิดในช่วงของค่า Diff ที่มากกว่า 25 ถึง 100 และ ช่วงของค่า Diff ที่มีค่า -25 ถึง -100

6. ประโยชน์ที่ได้รับ

6.1 ประโยชน์ทางตรง

- สถิติความถูกต้องของข้อมูลพยากรณ์เมฆที่ใช้ในการวางแผนถ่ายภาพของดาวเทียมไทยโชต
- ได้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีการประเมินเมฆและมีปริมาณเมฆเป็นที่ยอมรับเพื่อนำไปใช้ในงานต่างๆได้

6.2 ประโยชน์ทางอ้อม

- เตรียมความพร้อมสำหรับการออกแบบและพัฒนาระบบวางแผนถ่ายภาพดาวเทียมดวงที่ 2
- เพิ่มความรู้ความชำนาญแก่เจ้าหน้าที่ฝ่ายวางแผนถ่ายภาพ

7. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

- 7.1 จากข้อมูลความต้องการของข้อมูลพยากรณ์เมฆที่เรานำมาใช้นั้น มีความถูกต้องที่ 67% แต่ข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ ทำการศึกษาข้อมูลการพยากรณ์เมฆเบื้องต้นเพียงระยะเวลา 3 เดือน ดังนั้นควรเพิ่มข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความถูกต้องให้มากขึ้น โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลพยากรณ์เมฆย้อนหลังในช่วงเวลาเดือน ตุลาคม-ธันวาคม ของ ปีพ.ศ. 2553 และพ.ศ 2555 เพื่อเพิ่มสถิติความถูกต้อง
- 7.2 ควรจัดหาแหล่งข้อมูลพยากรณ์เมฆจากแหล่งอื่นมาทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม สำหรับแต่ละพื้นที่เพื่อนำมา เปรียบเทียบความถูกต้องให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

_____. 2009. *Landsat Thematic Mapper (TM) - USGS (U.S. Geological Survey)*, 18 August 2013, <http://eros.usgs.gov/products/satellite/tm.php>,

_____. 2009. *MODIS Website*, 18 August 2013, <http://modis.gsfc.nasa.gov>

Richards, J.A. and Jia, X. 2006, *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. USA

Stockman, A., MacLeod, D.I.A. and Johnson N.E. 1993, *Spectral sensitivities of the human cones*, *Journal of the Optical Society of America A*, 10, 2491-2521.