

## บทที่ 5

### สรุป

จากการศึกษา การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS ในการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละออง และการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง ทำให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในการนำดาวเทียมมาใช้ในการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละออง และนำเสนอเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อสนับสนุนระบบเตือนภัยมลพิษในอากาศ ให้มีความรวดเร็ว และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างอย่างมีประสิทธิภาพ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

การประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 10 สถานี ในการหาความสัมพันธ์กันด้วยสมการถดถอย 8 รูปแบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบลอการิทึม (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิก (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) และการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear models) และเลือกรูปแบบสมการที่ดีที่สุด ในการทำแผนที่ความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

##### 5.1.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS ในการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละออง

ได้ทำการศึกษาข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ ในวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมเซนเซอร์ MODIS ชุดผลิตภัณฑ์ MOD09 ซึ่งแสดงค่าการสะท้อนพื้นผิว (Surface Reflectance) และข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) ชุดผลิตภัณฑ์ MOD04 ที่ดาวน์โหลดจากระบบออนไลน์ ทำการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต เนื่องจากข้อมูลจาก MODIS อยู่ในรูปของ HDF-EOS และอ้างอิงโดยเส้นโครงแผนที่แบบ Sinusoidal และยังไม่มีการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิตของค่าสะท้อนพื้นผิว จะใช้ชุดผลิตภัณฑ์ MOD09 ร่วมกับข้อมูลจากชุดผลิตภัณฑ์ MOD03 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่รวบรวมรายละเอียดข้อมูลเชิงตำแหน่ง ความสูง มุม

zenith และมุม azimuth ของดวงอาทิตย์ และดาวเทียม เพื่อใช้ในการปรับแก้ข้อมูลเชิงพิคต์ของข้อมูลจากดาวเทียมเซนเซอร์ MODIS level 1B และ level 2 แล้วนำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม MRT Swath ส่วนการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิตของข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) จะใช้ชุดผลิตภัณฑ์ MOD04 ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม HDFLook เมื่อได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งแล้ว หาความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) ที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 10 สถานี บริเวณภาคเหนือตอนบน ด้วยสมการถดถอย 8 แบบ ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลค่าการสะท้อนพื้นผิวได้เลือกแบบด์ 1 แบบด์ 2 แบบด์ 3 และแบบด์ 4 มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยจะทำการวิเคราะห์แบบแยกช่วงคลื่น โดยใช้สมการถดถอย 7 แบบ คือแบบเส้นตรง (Linear models) แบบ ล็อกการิทึม (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิก (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) และการวิเคราะห์แบบใช้ทุกช่วงคลื่น ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear models) ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์แบบแยกช่วงคลื่น ในแต่ละวัน มีแบบด์ที่มีสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ ( $R^2$ ) แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงไม่นำสมการที่ได้จากการวิเคราะห์แบบแยกช่วงคลื่น ไปพิจารณาประเมินความถูกต้องในขั้นตอนต่อไป ส่วนการวิเคราะห์ด้วยสมการเชิงเส้นแบบพหุ ผลปรากฏว่าเมื่อนำทั้ง 4 แบบด์ มาใช้ร่วมกัน ให้ค่า  $R^2$  มากที่สุดในแต่ละวัน โดยมีค่า  $R^2$  มากที่สุดคือวันที่ 7 มีนาคม 2553 ( $R^2=0.868$ ) และการวิเคราะห์ด้วยค่าความหนาเชิงแสง (AOT) จะใช้สมการถดถอย 7 แบบในการวิเคราะห์ ผลปรากฏว่าความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิก มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับแบบอื่นในแต่ละวัน และในวันที่ 7 มีนาคม 2553 ให้ค่า  $R^2$  สูงที่สุด ( $R^2=0.857$ )

### 5.1.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพื่อทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

จากการหาความสัมพันธ์กันระหว่างค่าสะท้อนพื้นผิว และค่าความหนาเชิงแสง (AOT) จากภาพถ่ายดาวเทียม กับค่า  $PM_{10}$  จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ทำให้ได้สมการตัวแทนจากการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลทั้งสองแบบ คือ การวิเคราะห์ด้วยค่าสะท้อนพื้นผิว ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ และการวิเคราะห์ด้วย AOT ใช้สมการถดถอยแบบคิวบิก ได้ทำการตรวจสอบความแม่นยำ โดยคำนวณจาก Root Mean Square Error (RMSE) และตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่คำนวณได้จากสมการทั้งสอง โดยดูจากค่า  $R^2$  เพื่อหาสมการตัวแทนที่ดีที่สุดในการทำแผนที่ปริมาณความเข้มข้นของปริมาณ  $PM_{10}$  ในอากาศ ผลปรากฏว่า การใช้ข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) กับสมการถดถอย

แบบคิวบิก ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดและมีค่าความสัมพันธ์มากกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว โดยสมการที่ใช้ คือ

$$PM_{10} = 130.304 - 79.574(AOT) - 152.794(AOT)^2 + 250.036(AOT)^3$$

## 5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา อันได้แก่ การสามารถใช้ภาพถ่ายดาวเทียมตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) บริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย และการปรับเทียบหาแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง และจัดทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยได้ โดยการใช้ค่าความหนาเชิงแสง (AOT) ชุดผลิตภัณฑ์ MOD04 ของดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS คำนวณด้วยสมการถดถอยแบบคิวบิก ซึ่งข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับบรรยากาศ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่แสดงข้อมูลละอองลอยในอากาศ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ ทั้งพื้นทวีป และมหาสมุทร ละอองลอยเหล่านั้นมีตั้งแต่ขนาดละเอียด (มลพิษในอากาศ) ไปจนถึงขนาดหยาบ ครอบคลุมพื้นที่ได้ในบริเวณกว้าง และดาวเทียมโคจรผ่านประเทศไทยในทุกๆ วัน

การศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ จากวิธีการศึกษาของ Ahmad และ Hashim (2000) ซึ่งได้ศึกษาหาปริมาณมลภาวะในอากาศในประเทศมาเลเซีย โดยใช้ดาวเทียม NOAA-AVHRR แบนด์ 1 หาความสัมพันธ์กับผลการตรวจวัดมลภาวะทางอากาศจากสถานีภาคพื้นดิน ซึ่งพบว่า การหาปริมาณ  $PM_{10}$  ได้รูปแบบสมการที่ดีที่สุดเหมือนกัน คือสมการแบบคิวบิก โดยให้ค่า  $R^2 = 0.5098$  และ  $RMSE = 33$  ซึ่งผลที่แตกต่างกันในด้านความถูกต้องนั้นอาจเนื่องมาจากลักษณะของข้อมูลดาวเทียม ซึ่งข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) มีความเฉพาะเจาะจงในการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับบรรยากาศมากกว่า แต่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลน้อยกว่า ส่วนการกระจายตัวของตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศนั้น บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ข้อมูลน้อยและไม่กระจายตัวทั้งพื้นที่ศึกษา เมื่อเทียบกับข้อมูลของการศึกษาที่ประเทศมาเลเซีย

การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS ในการประเมินความเข้มข้นของปริมาณ  $PM_{10}$  ในอากาศ การศึกษานี้พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการหาความสัมพันธ์เพื่อประเมินความเข้มข้นของปริมาณ  $PM_{10}$  จากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ได้แก่

1) การเก็บข้อมูลของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจะมีการรายงานผลแบบรายชั่วโมง แต่ในขณะที่ดาวเทียมทำการถ่ายภาพ อาจมีปัจจัยอื่นๆ เกิดขึ้น เช่น ลม ทำให้ค่าการสะท้อนที่ได้จากดาวเทียม และค่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือมีความสัมพันธ์กันน้อย ดังนั้นค่าที่ได้ จึงไม่ใช่ค่าที่มีความถูกต้องที่สุด

2) เนื่องจากจำนวนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศมีน้อย จึงทำให้จำนวนข้อมูลในการหาความสัมพันธ์กับค่าสะท้อนจากดาวเทียมมีน้อย และทำให้ค่าความสัมพันธ์ที่คำนวณได้ มีความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้ ค่าที่ได้จากการคำนวณ เป็นการประเมินความเข้มข้นของปริมาณ  $PM_{10}$  อย่างหยาบเท่านั้น

### 5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1) สามารถประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์จากดาวเทียม MODIS โดยการเปรียบเทียบข้อมูลค่าสะท้อนจากดาวเทียมกับข้อมูลปริมาณ  $PM_{10}$  ที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมมาใช้ประโยชน์ในการเตือนภัยด้านมลพิษทางอากาศได้

2) ได้องค์ความรู้เพื่อช่วยเป็นแนวทางในการเตือนภัยด้านมลพิษทางอากาศ ให้มีความรวดเร็ว และครอบคลุมพื้นที่ได้ในบริเวณกว้าง นำไปสู่การเฝ้าระวังและการเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพ

3) สามารถทำแผนที่แสดงความเข้มข้นของปริมาณ  $PM_{10}$  ในอากาศ จากข้อมูลดาวเทียม เพื่อใช้ประกอบการแจ้งเตือนภัยเนื่องจากมลพิษในอากาศ

### 5.4 ข้อเสนอแนะ

การดำเนินการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในการดำเนินงานซึ่งถูกจำกัดอยู่นอกขอบเขตของการดำเนินงาน ซึ่งควรมีการพิจารณาเพิ่มเติมสำหรับการดำเนินการศึกษาต่อไป เพื่อให้ได้ผลที่ดียิ่งขึ้นในประเด็นต่างๆ ได้แก่

#### 5.4.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS ในการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละออง

1) สมการความสัมพันธ์ ระหว่างค่าสะท้อนจากดาวเทียม และค่า  $PM_{10}$  จากสถานีตรวจวัดที่ได้ จากการศึกษา เป็นการประมาณปริมาณ  $PM_{10}$  ในพื้นที่ภาคเหนือ ถ้านำไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทยหรือช่วงเวลาอื่น ควรตรวจสอบความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ ของการประมาณปริมาณ  $PM_{10}$

2) ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการกระจายตัวและปริมาณของฝุ่นละออง เช่น ลม ความชื้น มาประกอบการประเมินความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  จะทำให้การประเมินความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในอากาศ มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3) ควรใช้ข้อมูลบริเวณที่มีค่าความร้อนมากผิดปกติจากปกติบนผิวโลก (Hotspots) มาใช้ในการพิจารณาความถูกต้องของการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้

#### 5.4.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพื่อทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ควรมีการจัดทำแผนที่ความเข้มข้นของปริมาณ  $PM_{10}$  ในอากาศ โดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่คำนวณได้ และใช้ข้อมูลดาวเทียมปีอื่นๆ เพื่อทดสอบความแม่นยำในการประมาณ

ค่า