

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก ประกอบด้วยฝุ่นละอองซึ่งเป็นอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ น้อยกว่า 0.001 ไมโครเมตร ไปจนถึงขนาดหลายสิบลไมโครเมตร ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อสภาพแวดล้อม และมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นบนโลก ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.25 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) จะมีผลต่อทัศนวิสัยในการมองเห็น เพราะมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตามองเห็น เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศโลกลงมายังพื้นดิน จะถูกฝุ่นละอองดูดกลืนและกระเจิง ทำให้รังสีที่ตกกระทบพื้นผิวโลกมีค่าลดลง ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) จะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ และเป็นสาเหตุของการเกิดภูมิแพ้ในระบบทางเดินหายใจด้วย

ในปัจจุบัน โลกได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี และอุตสาหกรรมอย่างมาก โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่ไม่มีการป้องกันและควบคุมผลที่เกิดจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และอุตสาหกรรมต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเข้มงวด ทำให้ประสบปัญหามลภาวะมากมาย โดยเฉพาะมลภาวะทางอากาศ ซึ่งเกิดจากมลพิษบนท้องถนน โรงงานอุตสาหกรรม และเกิดจากความไม่รับผิดชอบของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม เช่นการเผาป่า หรือพื้นที่ทำการเกษตร รวมทั้งเกิดจากภัยธรรมชาติเช่นไฟไหม้ป่า หรือภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น ทำให้ปัญหามลพิษทางอากาศ เป็นปัญหาในอันดับต้นๆ ของโลก โดยประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ประสบปัญหามลภาวะทางอากาศเข้าสู่ขั้นวิกฤติ จากสถานการณ์มลพิษในอากาศที่ผ่านมา พบว่าภาคเหนือเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศมากที่สุดของประเทศ สภาวะหมอกควันปกคลุมพื้นที่ภาคเหนือเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเกิดจากการเผาพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อเตรียมดินทำการเกษตร สถานการณ์ไฟไหม้ป่าทำให้เกิดหมอก ฝุ่นควันขึ้น มีผลกระทบต่อทัศนวิสัยในการมองเห็น และทำให้มีผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจสูงขึ้นมาก โดยในปี พ.ศ. 2552 พบว่าในเขตพื้นที่จังหวัดภาคเหนือประสบปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างมาก โดยมีผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นเข้ารับการรักษาตัววันละกว่า 300 ราย ซึ่งเป็นยอดที่เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 15 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (โรงพยาบาลสุญย์ลำปาง, 2552) ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศจัดเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ที่สามารถวัดได้จากค่า PM_{10} ซึ่งในปี 2552 ตรวจพบปริมาณ PM_{10} ในอากาศที่ในจังหวัดลำปางสูงสุดเกินมาตรฐานในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2552 ซึ่งสูงถึง 268 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

และในปี 2553 ตรวจพบปริมาณ PM_{10} ในอากาศในปริมาณสูงที่สุดที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนในช่วงกลางเดือนมีนาคม 2553 ซึ่งสูงถึง 518.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

การตรวจวัดดังกล่าวเป็นการตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน ซึ่งพื้นที่ภาคเหนือตอนบน มีทั้งหมด 10 สถานี แต่ข้อมูลที่ได้ เป็นข้อมูลเพียงบางจุดและไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ และบางครั้งอาจได้รับข้อมูลไม่ครบถ้วน เนื่องจากระบบสื่อสารขัดข้อง และอาจเกิดความล่าช้าในการได้มาซึ่งข้อมูล หากใช้ข้อมูลดาวเทียมในการประเมินปริมาณ PM_{10} ในอากาศ จะทำให้ได้ผลการตรวจปกคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ทั้งยังเป็นข้อมูลสนับสนุนการจัดการทรัพยากรอากาศหรือเตือนภัยพิบัติจากสถานการณ์หมอกควันแก่ประชาชนได้ โดยดาวเทียมที่โคจรผ่านประเทศไทยทุกวัน และถ่ายภาพครอบคลุมทั้งประเทศ มีหลายประเภทด้วยกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้เน้นเฉพาะดาวเทียม Terra/Aqua ระบบเซ็นเซอร์ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ซึ่งเป็นเครื่องวัดคลื่นเชิงสเปกตรัม ที่ถูกติดตั้งบนดาวเทียม Terra และ Aqua ถูกออกแบบขึ้น เพื่อใช้ในการติดตามและตรวจสอบข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ และสามารถบันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกได้ภายใน 2 วัน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจหาปริมาณ PM_{10}

จากเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม เพื่อตรวจหาปริมาณ PM_{10} สำหรับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน โดยพิจารณาความสัมพันธ์กันของข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยการใช้สมการถดถอย เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาปริมาณ PM_{10} และใช้เทคนิควิธีทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการจัดการข้อมูล และสร้างแผนที่แสดงปริมาณ PM_{10} ในอากาศ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อใช้ภาพถ่ายดาวเทียมตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
- 2) เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลอง และจัดทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านเวลา

การศึกษาปริมาณ PM_{10} ครั้งนี้ เป็นการกำหนดช่วงเวลาในการศึกษา โดยพิจารณาจากภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS เป็นหลัก โดยได้กำหนดช่วงในวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษานี้เน้นการตรวจหาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (PM_{10}) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS ได้แก่ ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว (Surface Reflectance) จากผลิตภัณฑ์ MOD09 และข้อมูลค่าความหนาเชิงแสงของละอองลอยในบรรยากาศ (Aerosol Optical Thickness : AOT) จากผลิตภัณฑ์ MOD04 ทำการหาความสัมพันธ์กับปริมาณ PM_{10} ที่วัดได้จากสถานีภาคพื้นดินด้วยสมการถดถอย เพื่อได้มาซึ่งแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาปริมาณ PM_{10}

1.3.3 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ครอบคลุมภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดินจำนวน 10 สถานี ดังนี้ (ภาพ 1.1)

จังหวัดเชียงใหม่

1. ศาลากลางจังหวัดเชียงใหม่ ต.ช้างเผือก อ.เมือง ตั้งอยู่ที่พิกัด 2082873 เหนือ และ 497147 ตะวันออก
2. โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ต.ศรีภูมิ อ.เมือง ตั้งอยู่ที่พิกัด 2077408 เหนือ และ 499288 ตะวันออก

จังหวัดลำปาง

3. ศาลหลักเมืองจังหวัดลำปาง ต.หัวเวียง อ.เมือง ตั้งอยู่ที่พิกัด 2021988 เหนือ และ 553513 ตะวันออก
4. สถานีอนามัยสบป่าด ต.สบป่าด อ.แม่เมะ ตั้งอยู่ที่พิกัด 2017768 เหนือ และ 581073 ตะวันออก
5. สถานีอนามัยท่าสี่ ต.บ้านดง อ.แม่เมะ ตั้งอยู่ที่พิกัด 2037288 เหนือ และ 580378 ตะวันออก
6. สำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคแม่เมะ ต.แม่เมะ อ.แม่เมะ ตั้งอยู่ที่พิกัด 2021256 เหนือ และ 570092 ตะวันออก

จังหวัดเชียงราย

7. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อ.เมือง ตั้งอยู่ที่พิกัด 2201649 เหนือ และ 586179 ตะวันออก

จังหวัดลำพูน

8. สนามกีฬาจังหวัด อ.เมือง จ.ลำพูน ตั้งอยู่ที่พิกัด 2052666 เหนือ และ 501176 ตะวันออก

จังหวัดน่าน

9. ศาลากลางจังหวัด อ.เมือง จ.น่าน ตั้งอยู่ที่พิกัด 2078103 เหนือ และ 687557 ตะวันออก

จังหวัดแม่ฮ่องสอน

10. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อ.เมือง ตั้งอยู่ที่พิกัด 2134841 เหนือ และ 391947 ตะวันออก

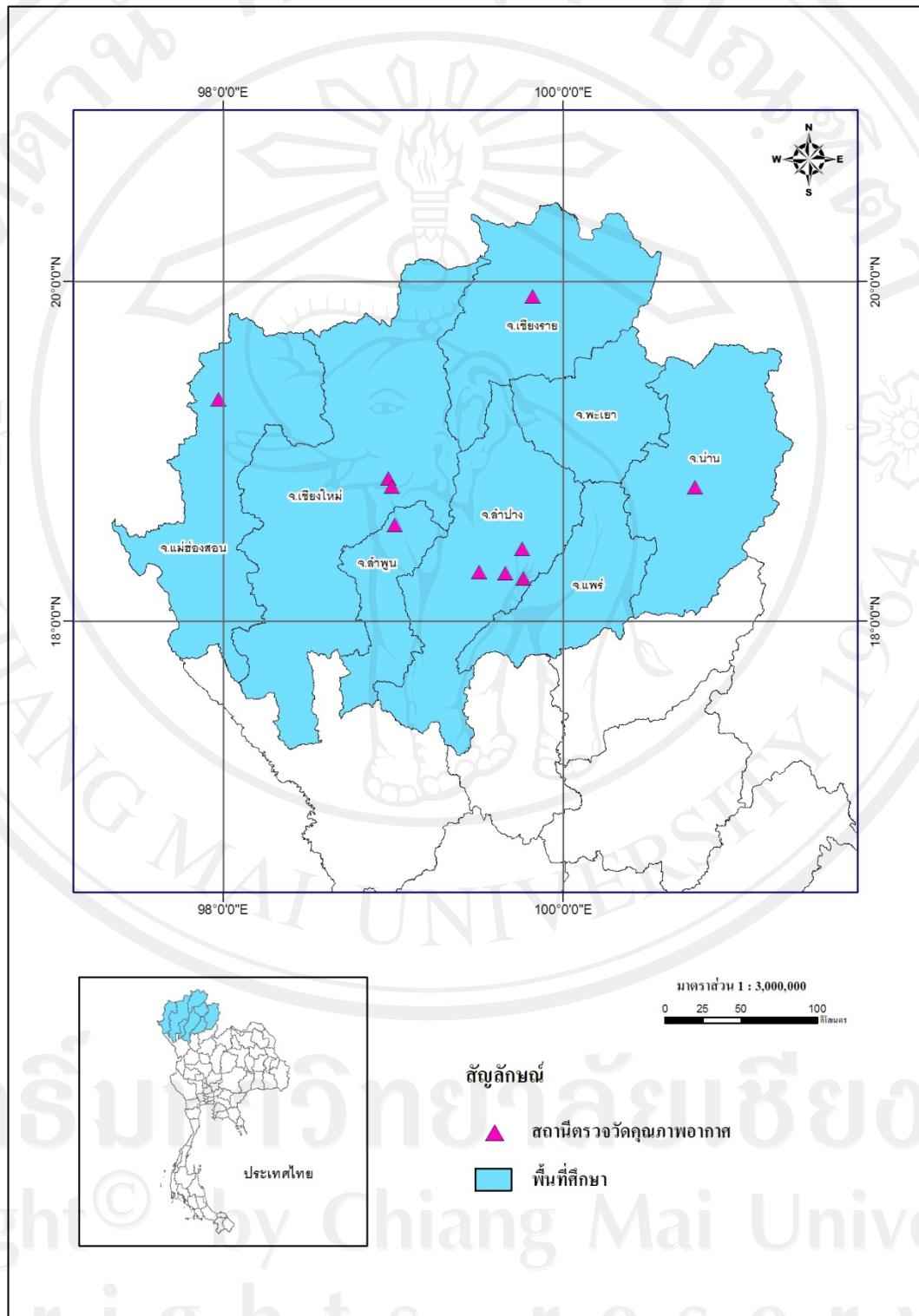
เหตุผลที่เลือกพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยเป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจาก เป็นบริเวณที่ประสบปัญหาหมอกควันฝุ่นละอองในอากาศมากที่สุดและประสบปัญหาทุกปี เนื่องจากเป็นพื้นที่ป่าที่สามารถเกิดไฟป่าได้ง่าย มีการเผาป่า และพื้นที่เกษตรอย่างต่อเนื่อง และที่เป็นที่ตั้งของเหมืองถ่านหินหลายแห่งซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของมลพิษในอากาศ ประกอบกับมีจำนวนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศน้อย หากมีการนำข้อมูลดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ จะสามารถทำการตรวจสอบ ป้องกัน ฝ้าระวังและเตือนภัยต่อประชากรในพื้นที่ได้อย่างทันทั่วทั้ง และครอบคลุมทั้งพื้นที่

1.4 นิยามศัพท์

PM₁₀ คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก เป็นอนุภาคขนาด 2.5-10 ไมครอนในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน เช่นฝุ่นที่เกิดจากถนนที่ไม่ได้ลาดยาง จากการเผาไหม้ชีวมวล จากโรงงานบด-ย่อยหิน เป็นต้น มีค่ามาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศที่สถานีภาคพื้นดิน ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในทางเดินหายใจในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรคหอบหืด เพิ่มอาการของโรคทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอดและเกี่ยวข้องกับเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ

AOT (Aerosol Optical Thickness) คือ ความหนาเชิงแสงของละอองลอย เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการดูดกลืนแสง และการกระจัดกระจายแสงอาทิตย์อันเนื่องมาจากละอองลอย ที่มีขนาดที่หลากหลายตั้งแต่ เล็กกว่าหนึ่งไมโครเมตร ซึ่งจะมีการกระจัดกระจายแสงแบบเรย์เล เหมือนโมเลกุลของแก๊ส แต่ละอองในบรรยากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคแสงที่มองเห็นได้บางชนิดสามารถดูดกลืนแสงได้ดี และกระจัดกระจายแสงได้ไม่รอบทิศ เช่นควันที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล

มวล ละอองเถ้าจากการระเบิดของภูเขาไฟ ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม ละอองซัลเฟตจากทะเล
สารระเหยออร์แกนิกจากป่าเขตร้อน เป็นต้น



ภาพ 1.1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ บริเวณภาคเหนือตอนบน

1.5 แนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

1.5.1 แนวคิดเกี่ยวกับฝุ่นละอองในบรรยากาศ

1) นิยามและการจำแนกฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง (Aerosol) หมายถึง อนุภาคของแข็ง หรือของเหลว หรือของผสมระหว่างของแข็งและของเหลวที่แขวนลอย อยู่ในอากาศ แต่จะไม่รวมถึงเมฆและหมอกซึ่งมีลักษณะเป็นอนุภาคเช่นเดียวกัน ฝุ่นละอองมีทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ฝุ่นละอองที่เกิดจากธรรมชาติแบ่งออกเป็น ฝุ่นละอองที่มาจากเปลือกโลก (crustal aerosol) ฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดจากน้ำทะเล (maritime aerosol)

ฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดมาจากเปลือกโลกจะเกิดจากการกัดกร่อนของลมต่อเปลือกโลกซึ่งอาจเป็นพื้นดิน ทรายหรือหิน เป็นต้น โดยจะฟุ้งกระจายไปตามกระแสลม เราเรียกฝุ่นละอองที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของดินนี้ว่า “ฝุ่นละอองแบบ continental” ซึ่งรวมถึงฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งจะมีผลจะเป็นการเปลี่ยนแปลงก๊าซจากการเผาไหม้กลายเป็นอนุภาคของเถ้าถ่าน เกิดเป็นฝุ่นละออง (gas-to-particle conversion) ซึ่งฟุ้งกระจายในบรรยากาศ ส่วนฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดจากน้ำทะเลจะเกิดจากการที่น้ำทะเลกระเซ็นเป็นฝอยลอยขึ้นไปในอากาศ เนื่องจากลมและคลื่น และมีการระเหยเป็นอนุภาคเล็กๆ ของเกลือแทรกตัวอยู่ในบรรยากาศ และมีองค์ประกอบของหยดน้ำเล็กๆ เหนือพื้นผิวทะเลหรือมหาสมุทรจะเรียกฝุ่นละอองแบบนี้ว่า “ฝุ่นละอองแบบ maritime”

ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ส่วนใหญ่ มีแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและยานพาหนะต่างๆ โดยฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมจะเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ และเกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการบดของแข็งให้ละเอียดเป็นอนุภาคเล็กๆ เช่น ฝุ่นละอองจากโรงสี และโรงโม่หิน เป็นต้น ฝุ่นละอองที่เกิดจากเขม่าที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์และถูกปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศภายนอกเราจะเรียกฝุ่นที่เกิดจากชุมชนเมืองว่า “ฝุ่นละอองแบบ urban”

ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคม ขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้นสำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา US.EPA (United state Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่น PM_{10} แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัย ฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไป

ระบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้น US. EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ PM₁₀ และ PM_{2.5}

PM₁₀ ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 2.5 - 10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยางตามการขนส่งวัสดุฝุ่นจากกิจกรรมบดขยี้หิน

PM_{2.5} ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Final Particles) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดที่มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซ SO₂ และสาร VOC NO_x และสาร VOC จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นละเอียดได้

ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM₁₀ ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรค Asthma และ ฝุ่น PM_{2.5} ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอด และเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหืดหอบ และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย

ดัชนีคุณภาพอากาศ เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ซึ่งดัชนีคุณภาพอากาศเป็นรูปแบบสากลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย สิงคโปร์ มาเลเซีย และประเทศไทย เป็นต้น

ดัชนีคุณภาพอากาศที่ใช้อยู่ในประเทศไทย คำนวณโดยเทียบจากมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของสารมลพิษทางอากาศ 5 ประเภท ได้แก่ ก๊าซโอโซน (O₃) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ ดัชนีคุณภาพอากาศที่คำนวณได้ของสารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศของวันนั้น

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง มากกว่า 300 ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบกับระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย (ตาราง 2.1) โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

ตาราง 1.1 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-50	คุณภาพดี	ฟ้า	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
51-100	คุณภาพปานกลาง	เขียว	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
101-200	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	เหลือง	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายกลางแจ้งนอกอาคารบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ไม่ควรทำกิจกรรมกลางแจ้งนอกอาคารเป็นเวลานาน
201-300	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ส้ม	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งนอกอาคารบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ควรจำกัดการออกกำลังกายกลางแจ้งนอกอาคาร
มากกว่า 300	อันตราย	แดง	บุคคลทั่วไป ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายกลางแจ้งนอกอาคาร สำหรับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรอยู่ภายในอาคาร

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

2) การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศแต่ละประเภท

(i)

จะคำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยแต่ละระดับของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ระดับต่างๆ (ตาราง 1.2) และมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$I_i = \frac{I_{ij+1} - I_{ij}}{X_{ij+1} - X_{ij}} (X_i - X_{ij}) + I_{ij} \quad (1.1)$$

กำหนดให้

X_i = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากผลการตรวจวัด

X_{ij} = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เป็นค่าต่ำสุดของช่วงพิสัยที่มีค่า X_i นั้น

X_{ij+1} = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เป็นค่าสูงสุดของช่วงพิสัยที่มีค่า X_i นั้น

I_i = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

I_{ij} = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศที่เป็นค่าต่ำสุดของช่วงพิสัยที่มีค่า I_i นั้น

I_{ij+1} = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศที่เป็นค่าสูงสุดของช่วงพิสัยที่มีค่า I_i นั้น

AQI = ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

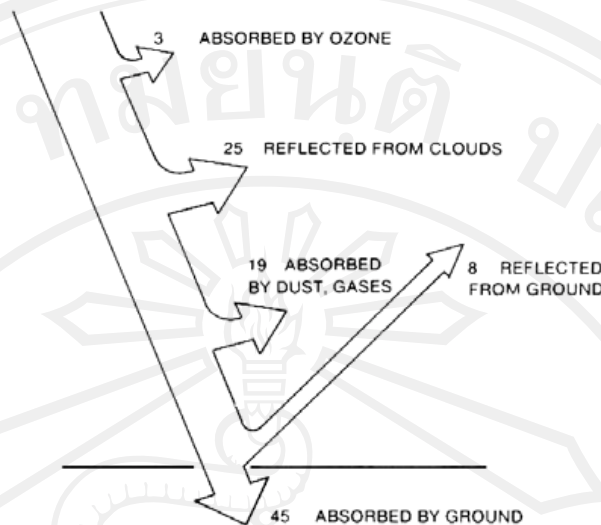
ตาราง 1.2 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI	PM ₁₀ (24 hr.)	O ₃ (1 hr.)		SO ₂ (24 hr.)		NO ₂ (1 hr.)		CO (8 hr.)	
	µg./m ³	µg./m ³	ppb	µg./m ³	ppb	µg./m ³	ppb	µg./m ³	ppb
50	40	100	51	65	25	160	85	5.13	4.48
100	120	200	100	300	120	320	170	10.26	9.00
200	350	400	203	800	305	1,130	600	17.00	14.84
300	420	800	405	1,600	610	2,260	1,202	34.00	29.69
400	500	1,000	509	2,100	802	3,000	1,594	46.00	40.17
500	600	1,200	611	2,620	1,000	3,750	1,993	57.50	50.21

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

1.5.2 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศ

คลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับวัตถุบนพื้นผิวโลก แล้วสะท้อนพลังงานกลับเพื่อถูกบันทึกโดยอุปกรณ์สำรวจ (Sensor) นั้น จะต้องผ่านชั้นบรรยากาศของโลก ในขณะที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศ จะเกิดปฏิสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศของโลก (Atmospheric interaction with electromagnetic radiation) มีผลทำให้คุณลักษณะของพลังงานเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านทิศทาง ความเข้ม ความยาว และ ความถี่ช่วงคลื่น เนื่องมาจากฝุ่น ละอองลอย ioni และก๊าซต่างๆ ที่อยู่ในตำแหน่งและช่วงเวลาที่แตกต่างกันภายในชั้นบรรยากาศเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สำคัญ 3 กระบวนการคือ 1) การดูดกลืน 2) การกระจัดกระจาย และ 3) การหักเห อันส่งผลให้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศโลกมาตกกระทบกับพื้นผิวโลกมีปริมาณความเข้มลดลง ซึ่งเรียกว่า การสลายของแสง (Extinction) (ภาพ 1.2)



ภาพ 1.2 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมดที่มีปฏิสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก

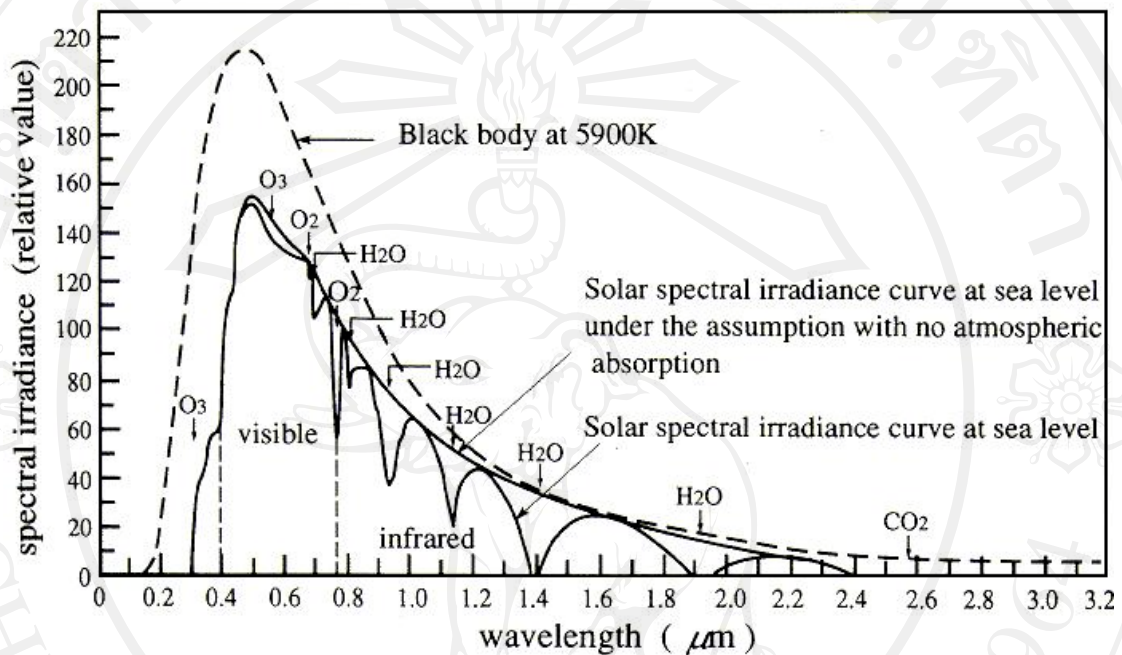
ที่มา : Lillesand and Kiefer, 1994

1.5.2.1 การดูดกลืน (Absorption)

การดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน โดยทำให้ปริมาณและความเข้มลดลงของพลังงาน (ภาพ 1.3) การดูดกลืนพลังงานในชั้นบรรยากาศจะเกิดกับช่วงคลื่นเฉพาะที่เรียกว่า Atmospheric absorption bands ซึ่งเกิดขึ้นกับความยาวของช่วงคลื่นบางช่วงเท่านั้น โมเลกุลและอะตอมที่ดูดกลืนพลังงานที่สำคัญในบรรยากาศได้แก่ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน เนื่องจากสารเหล่านี้จะดูดกลืนพลังงานที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ ดังนั้นจึงมีบางช่วงคลื่นที่สามารถทะลุทะลวงหรือผ่านชั้นบรรยากาศลงมาถึงผิวโลกได้ ซึ่งเรียกว่า Atmospheric window bands หรือ Atmospheric transmission bands (ช่วงคลื่นหน้าต่างบรรยากาศ) (ภาพ 1.4 และ ภาพ 1.5) สำหรับหน้าต่างบรรยากาศในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น ($0.3\text{--}0.7\ \mu\text{m}$) และช่วงอินฟราเรดสะท้อน ($0.7\text{--}3.0\ \mu\text{m}$) กับอินฟราเรดความร้อน ($3\text{--}5\ \mu\text{m}$ และ $8\text{--}14\ \mu\text{m}$ ยกเว้นช่วงคลื่น $9.6\ \mu\text{m}$ จะถูกดูดกลืนโดยโอโซน) จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาการเลือกระบบอุปกรณ์บันทึกภาพที่สัมพันธ์กับการสะท้อนของช่วงคลื่นต่างๆ สมพร สง่างค์ (2543) กล่าวว่า Atmospheric window bands มีอยู่หลายช่วงคลื่น ตั้งแต่ช่วงคลื่นสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิกไปจนถึงคลื่นที่มีความยาวมากกว่า 1 กิโลเมตร เช่น คลื่นวิทยุและโทรทัศน์ แต่มีช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วนเท่านั้นที่นำไปใช้ปฏิบัติงานจริงในด้านรีโมทเซนซิง อันได้แก่

- (1) รังสีสะท้อนจากช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible) อินฟราเรดใกล้ (Near infrared) และอินฟราเรดกลาง (Middle infrared)

- (2) พลังงานรังสีที่แผ่ออกมาในช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (Middle infrared) อินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) และ ไมโครเวฟ (Emitted microwave)
- (3) รังสีสะท้อนที่ได้รับจากคลื่นไมโครเวฟ (Reflected microwave)



ภาพ 1.3 ปฏิสัมพันธ์ของชั้นบรรยากาศอันเนื่องมาจากการดูดกลืนที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบค่ารังสีตกกระทบเชิงคลื่นของแสงอาทิตย์ที่ระดับน้ำทะเลกับการแผ่รังสีของเทห์วัตถุดำ

ที่มา : JARS, 1993

สำหรับก๊าซที่มีความสามารถดูดกลืนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศเป็นพิเศษและมีความสำคัญต่อการพัฒนาเพื่อเลือกระบบอุปกรณ์บันทึกภาพมี ดังต่อไปนี้

1) ก๊าซออกซิเจน (O_2) และโอโซน (O_3)

ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) ที่อยู่เหนือพื้นผิวโลกประมาณ 17 ถึง 50 กิโลเมตร จะมีการจับตัวกันอย่างหนาแน่นของโอโซน (O_3) ซึ่งจะดูดกลืนช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต หรือ รังสีเหนือม่วง (Ultraviolet: UV) ในความยาวคลื่นประมาณ 0.3-0.4 μm และความยาวคลื่นระหว่าง 0.1-0.3 μm ในขณะที่สูงขึ้นไปในบรรยากาศชั้นเทอร์โมสเฟียร์และไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ซึ่งเป็นบรรยากาศชั้นนอกสุดที่ห่อหุ้มโลกประมาณระหว่าง 80 ถึง 170 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก จะมีการแตกตัวของออกซิเจน (O_2) ที่เป็นโมเลกุลในการดูดซับพลังงานบางส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนที่มีความยาวคลื่นประมาณ 10 μm นอกจากนี้ช่วงคลื่นที่มีความยาว

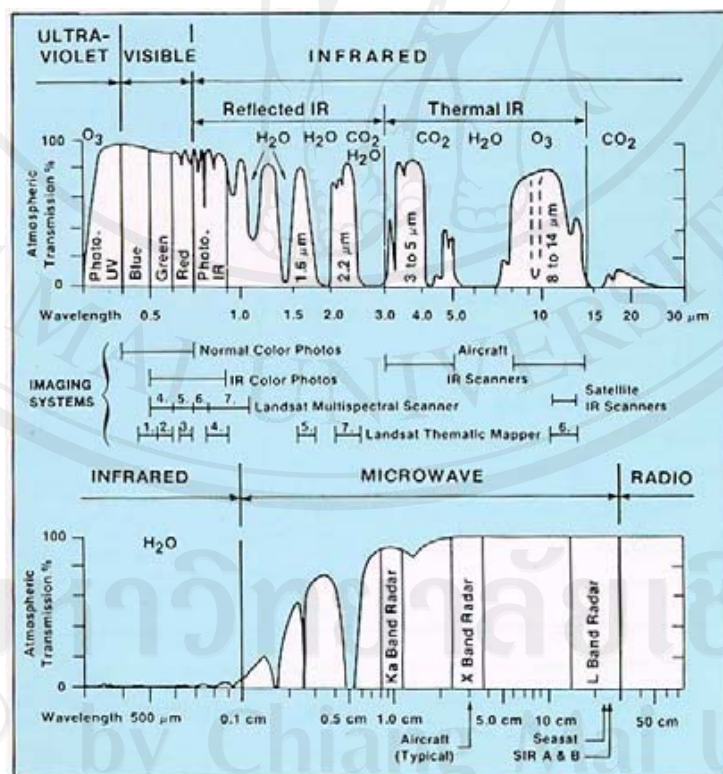
ต่ำกว่า $0.1 \mu\text{m}$ จะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของออกซิเจน ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจน และมีส่วนสะท้อนกลับสู่อวกาศ

2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) ส่วนล่าง หรือแนวเขตระหว่างบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์และชั้นสตราโตสเฟียร์ ที่เรียกว่า โทรโปพอส (Tropopause) จะเป็นโมเลกุลที่สำคัญในการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ $15 \mu\text{m}$ ขึ้นไป

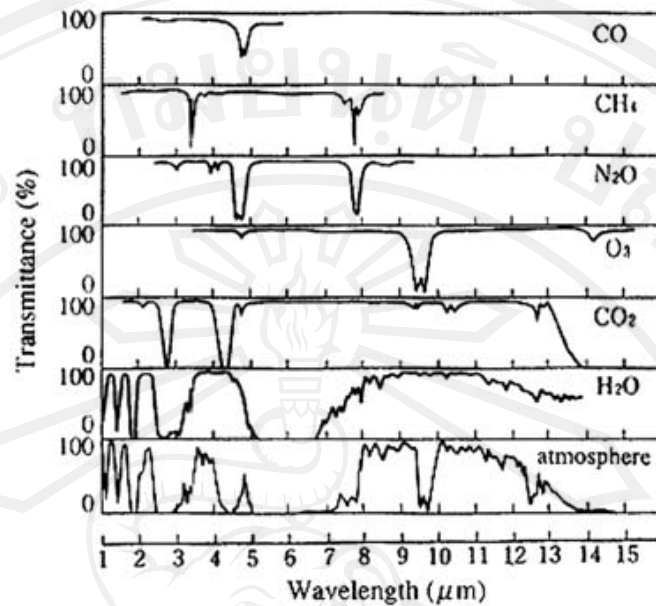
3) ไอน้ำ (H_2O)

ชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) ซึ่งเป็นบรรยากาศชั้นล่างสุดที่อยู่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปประมาณ 10 ถึง 17 กิโลเมตร จะประกอบไปด้วยส่วนผสมของก๊าซชนิดต่างๆ และไอน้ำ โดยไอน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่กระจายอยู่ในชั้นบรรยากาศนี้และมีอิทธิพลต่อการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีเกือบทุกช่วงคลื่น (ยกเว้นช่วงคลื่นต่ำกว่า $0.7 \mu\text{m}$) และดูดกลืนพลังงานสูงสุดในช่วงคลื่นประมาณ $6 \mu\text{m}$



ภาพ 1.4 ส่วนขยายรายละเอียดแถบช่วงคลื่นที่ใช้ประโยชน์ด้านรีโมทเซนซิง โดยแสดงความสัมพันธ์ของการแผ่พลังงานผ่านชั้นบรรยากาศและระบบการบันทึกภาพในแต่ละช่วงคลื่น

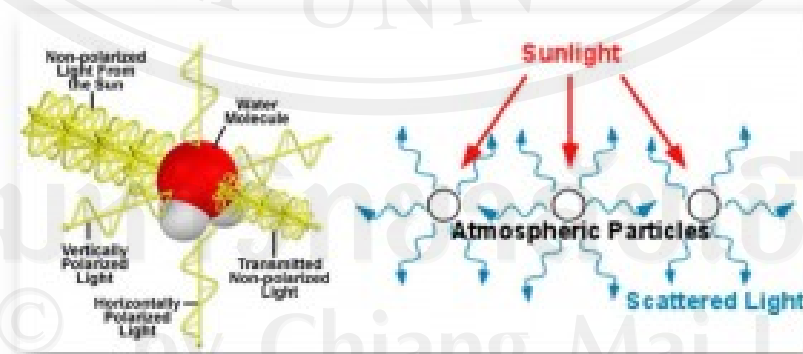
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534



ภาพ 1.5 คุณลักษณะของการดูดกลืนในช่วงคลื่นอินฟราเรด โดยโมเลกุลในชั้นบรรยากาศ
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540

1.5.2.2 การกระจัดกระจาย (Scattering)

การกระจัดกระจายเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็กๆ หรือละอองลอยในชั้นบรรยากาศ ที่มีทิศทางการกระจายตัวไม่แน่นอนทำให้ความคมชัดของข้อมูลลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับ “ขนาดของอนุภาค” และ “ความยาวช่วงคลื่น” เมื่อพลังงานตกกระทบกับอนุภาคเหล่านี้จะเกิดการกระจัดกระจายขึ้น (ภาพ 1.6) โดยการกระจัดกระจายของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชั้นบรรยากาศมีลักษณะที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ



ภาพ 1.6 การกระจัดกระจายของแสงเมื่อกระทบอนุภาคที่แขวนลอยในชั้นบรรยากาศ

ที่มา : <http://www.gis2me.com/th/wp-content/uploads/2008/08/rsscatter.jpg>

1) การกระจัดกระจายแบบเรย์เล (Rayleigh Scattering)

การกระจัดกระจายแบบเรย์เล เป็นการกระจัดกระจายที่เกิดขึ้นเนื่องจากขนาดของอนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าความยาวคลื่นที่ตกกระทบ (น้อยกว่า $0.1 \mu\text{m}$) เช่น โมเลกุลของก๊าซ ออกซิเจน และไนโตรเจน โดยอัตราการกระจัดกระจายจะเป็นส่วนกลับกับขนาดช่วงคลื่นยกกำลัง 4 มีผลทำให้ช่วงคลื่นขนาดสั้นถูกกระจัดกระจายกลับในชั้นบรรยากาศ เช่น ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน ซึ่งมีขนาดสั้นสุดที่ตามองเห็นก็จะถูกกระจัดกระจายกลับมากที่สุด ทำให้เรามองเห็นท้องฟ้า และภูเขาจากระยะไกลเป็นสีฟ้า หรือ น้ำเงิน ยังส่งผลให้เกิดสภาวะหมอกควัน (Haze) ทำให้ความคมชัดของภาพลดลง

2) การกระจัดกระจายแบบมี (Mie Scattering)

เกิดขึ้นเมื่อขนาดของละอองลอยมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแสงอาทิตย์ โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองลอยในบรรยากาศประมาณ 0.1 ถึง $10.0 \mu\text{m}$ เช่น ไอน้ำ หมอก ฝุ่น ละอองขนาดเล็ก ควันไฟ และควันจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นต้น โดยอัตราการกระจัดกระจายกลับจะเป็นสัดส่วนกลับกันกับขนาดช่วงคลื่นระหว่างขนาดช่วงคลื่นยกกำลัง 0 ถึงยกกำลัง 4 ส่งผลให้ช่วงคลื่นยาวมีการกระจัดกระจายมากขึ้น จึงทำให้เกิดข้อมูลภาพไม่ชัดเจน โดยเฉพาะช่วงคลื่นสีแดงมีการกระจัดกระจายมาก จึงมองเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นและตกเป็นสีแดง

3) การกระจัดกระจายแบบไร้ทิศทาง (Nonselective Scattering)

การกระจัดกระจายแบบไร้ทิศทาง เป็นการกระจัดกระจายแบบผสมที่เกิดขึ้นเมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นที่ตกกระทบ เช่น หยดน้ำ ที่โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคระหว่าง 5 ถึง $100 \mu\text{m}$ จะสะท้อนความยาวคลื่นตามองเห็น (Visible wavelength) และช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (Reflected infrared) ได้เกือบเท่ากัน ทำให้ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นมีการสะท้อนทุกทิศทางเท่ากัน จึงมองเห็นเมฆเป็นสีขาว สำหรับอัตราการกระจัดกระจายจะเท่ากันในทุกช่วงคลื่น คือ เท่ากับขนาดช่วงคลื่นยกกำลัง 0 โดยเกิดเป็นกลุ่มไอน้ำที่เห็นอยู่ในรูปของ เมฆ หมอก ควัน ซึ่งทำให้บังคับข้อมูลภาพที่อยู่ด้านล่าง เมฆ หมอก เหล่านั้น ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกในฤดูฝน จะเห็นเมฆเป็นสีขาวเป็นจำนวนมากในข้อมูลภาพ

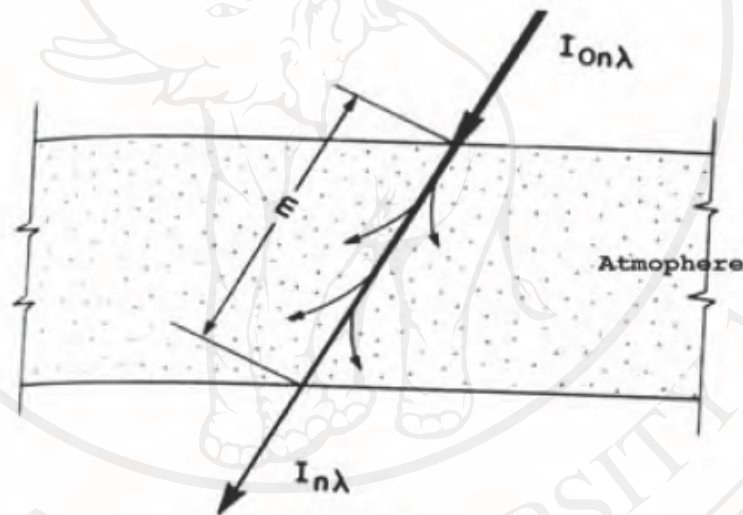
1.5.2.3 การหักเห (Refraction)

การหักเหพลังงานแสงอาทิตย์เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการหักเหกำหนดโดยค่าดัชนีของการหักเห ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสุญญากาศกับความเร็วของแสงในชั้นบรรยากาศ ทำให้มีผลต่อการ

คลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ปรากฏบนภาพ แต่สามารถปรับแก้ไขโดยกระบวนการปรับแก้ความถูกต้องของภาพได้ภายหลัง

1.5.3 การลดลงของรังสีดวงอาทิตย์เนื่องจากฝุ่นละออง

เนื่องจากฝุ่นละอองแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืน (absorption) และการกระเจิง (scattering) รังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ทั้งรังสีตรงและรังสีรวมของดวงอาทิตย์ ดังนั้นฝุ่นละอองจึงทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศมีค่าลดลง (ภาพ 1.7) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่บรรยากาศมีมลพิษสูง จากการศึกษาของสายนต์ โพธิ์เกตุ (2542) พบว่า ฝุ่นละอองมีบทบาทสำคัญที่ทำให้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลงถึง 20% นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอีกด้วย



ภาพ 1.7 การลดลงของรังสีดวงอาทิตย์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศของโลก

ที่มา : สุดารัตน์, 2548

โดยทั่วไปกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆเราสามารถคำนวณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นโลกได้โดยอาศัยกฎของ Bouguer (Iqbal 1983:109) ได้ดังนี้

$$I_{n\lambda} = I_{on\lambda} \exp(-\tau'_\lambda m_a) \quad (1.2)$$

เมื่อ $I_{n\lambda}$ เป็นความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น λ ต่างๆ ซึ่งผ่านบรรยากาศมากระทบพื้นผิวโลกในแนวตั้งฉาก

$I_{\text{on}\lambda}$ เป็นความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น λ ต่างๆที่เหนือบรรยากาศโลก

τ'_λ เป็นค่าความลึกเชิงแสงของบรรยากาศที่ความยาวคลื่น λ ต่างๆ

m_a เป็นมวลโมเลกุลของอากาศ

จากสมการที่ค่าความลึกเชิงแสงของบรรยากาศเป็นผลมาจากระบวนการดูดกลืนและกระบวนการกระเจิงแสงของแต่ละองค์ประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ ในกรณีของค่าความลึกเชิงแสงของการดูดกลืนและการกระเจิงของโมเลกุลอากาศ ไอน้ำ แก๊ส และโอโซน สามารถหาได้เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้ มีคุณสมบัติในการดูดกลืนและการกระเจิงรังสีดวงอาทิตย์ที่แน่นอน แต่กรณีของฝุ่นละอองการหาค่าความลึกเชิงแสงทำได้ยากเพราะฝุ่นละอองมีหลายชนิด และแต่ละชนิดมีขนาดและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน

ละอองในบรรยากาศ (Aerosols) มีขนาดที่หลากหลายตั้งแต่เล็กกว่าหนึ่งไมโครเมตร ซึ่งจะมีการกระจัดกระจายแสงแบบเรย์เล เหมือนโมเลกุลของแก๊ส แต่ละอองในบรรยากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคแสงที่มองเห็นได้บางชนิด สามารถดูดกลืนแสงได้ดี และกระจัดกระจายแสงได้ไม่รอบทิศ เรียกว่ามีการกระจายแสงแบบมี (Mie Scattering) เช่น คิว้นที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวล ละอองเถ้าจากการระเบิดของภูเขาไฟ คิว้นจากโรงงานอุตสาหกรรม ละอองซัลเฟตจากทะเล สารระเหยออร์แกนิกจากป่าเขตร้อน เป็นต้น ละอองเหล่านี้มีขนาดต่างๆ ปะปนกัน ละอองในบรรยากาศมีรัศมีในช่วง 0.1 – 1 ไมโครเมตร มีความสำคัญสูงสุดต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพราะละอองขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวมากกว่าละอองขนาดใหญ่ จึงมีผลต่อการกลั่นตัวเป็นเมฆน้ำฝน (CCN) และมีผลต่อ radiative forcing – transmission of radiation จากการวัดความหนาเชิงแสงที่ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.4 ไมโครเมตรจนถึงช่วงคลื่นยาวกว่า 0.7 ไมโครเมตร จะช่วยให้ทราบว่าละอองในบรรยากาศขนาดใดมีมาก

1.5.4 ดาวเทียม และการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต

ในปัจจุบันบทบาทของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร โลกนับวันยังมีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลการสำรวจที่ได้จากดาวเทียมมีวิวัฒนาการไปอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านการเก็บบันทึกและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเฉพาะระบบบันทึกข้อมูลมีการพัฒนาปรับปรุงในเรื่องของความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) และความละเอียดเชิงคลื่น (Spectral resolution) ทำให้เกิดความหลากหลายในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลจากดาวเทียมเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันว่าสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ทางธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้อย่างทันทั่วทั้ง เนื่องจากมีการบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบทั้งในด้านของเวลา ช่วงคลื่น และเชิงพื้นที่ อีกทั้งการบันทึกข้อมูลจาก

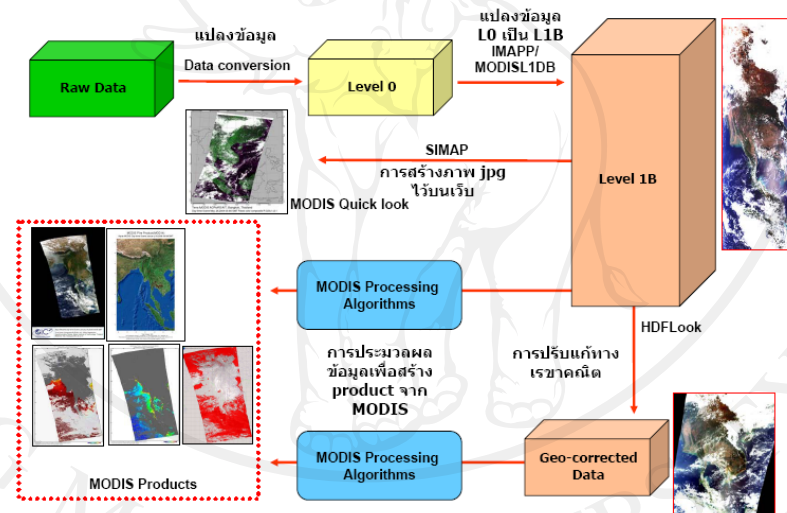
ดาวเทียมยังบันทึกเป็นข้อมูลเชิงเลข (Digital format) ทำให้สามารถนำไปผลิตภาพและวิเคราะห์ภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง และสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดาวเทียมที่นำมาใช้งานด้านการสำรวจจากระยะไกลสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะของการโคจร ชนิดของเครื่องบันทึกข้อมูลที่ใช้ในการผลิตภาพ และการครอบคลุมพื้นที่ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งอาจแบ่งกลุ่มของดาวเทียมด้านการสำรวจจากระยะไกลได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก (Earth Resources Satellite) 2) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Satellite) และ 3) ดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์ (Marine Observation Satellite)

1.5.4.1 ดาวเทียม TERRA/AQUA ระบบ MODIS

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) เป็นเครื่องวัดคลื่นเชิงสเปกตรัม ที่ถูกติดตั้งบนดาวเทียม Terra และ Aqua ซึ่งเป็นกลุ่มดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก (Earth Resources Satellite) ถูกออกแบบขึ้น เพื่อใช้ในการติดตามและตรวจสอบข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน อุณหภูมิผิวน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและชั้นบรรยากาศ และสภาวะสิ่งแวดล้อม MODIS ใช้กระบวนการสำรวจระยะไกลแบบพาสซีฟเซนเซอร์ (Passive sensors) คือ เครื่องวัดที่สามารถตรวจจับและบันทึกสัญญาณข้อมูลที่สะท้อนหรือแผ่รังสีจากแหล่งกำเนิดพลังงานตามธรรมชาติ มีความกว้างของภาพ (Swath) ประมาณ 2,330 กิโลเมตร และสามารถบันทึกข้อมูล ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกได้ภายใน 2 วัน โดยที่ดาวเทียม Terra จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงเช้า และดาวเทียม Aqua จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงบ่าย ข้อมูลที่ได้รับจาก MODIS ประกอบไปด้วย 36 ช่วงคลื่น ระหว่าง 0.4 ถึง 14 μm . ในช่วงคลื่นที่ 1 ถึง 19 และช่วงคลื่น 26 เป็นช่วงคลื่นสะท้อน (reflective solar bands (RSB)) เป็นย่านที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และช่วงคลื่น 20 ถึง 25 และช่วงคลื่น 27 ถึง 36 เป็นช่วงคลื่นความร้อน (thermal emissive bands (TEB)) เป็นย่านพลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีของพื้นผิววัตถุ โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงคลื่น ตั้งแต่ 250 เมตร ถึง 1,000 เมตร สำหรับการบันทึกข้อมูลนั้น MODIS จะกวาดภาพจากด้านหนึ่งของภาพ ไปสู่อีกด้านหนึ่ง โดยมีมุมกวาดได้สูงสุดถึง 55 องศาในแต่ละด้าน โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) และมหาวิทยาลัยโตเกียว ทำการลงนามบันทึกความเข้าใจเพื่อความร่วมมือในโครงการ MODIS โดยมีศูนย์วิจัย Geoinformatics Center (GIC) ของสถาบันเอไอที (AIT) เป็นผู้รับสัญญาณดาวเทียมและผลิตข้อมูล

ศูนย์วิจัย GIC เริ่มรับ ข้อมูลภาพถ่าย MODIS จากดาวเทียม Terra และ Aqua ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2544 และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2546 ตามลำดับ โครงการ MODIS เป็นโครงการความร่วมมือระหว่าง ศูนย์วิจัย GIC ที่เอไอที, กับห้องปฏิบัติการ Yasuoka Laboratory ของ Institute of Industrial Science (IIS) แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่นและสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA ประเทศไทย ในวันหนึ่งๆ ศูนย์รับข้อมูล MODIS ประมาณ 3 –5 GB สำหรับ Level 0 และ หลังจากที่ได้ประมวลผลมาเป็น Level1B จะได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 7-10 GB หลังจากนั้นข้อมูล MODIS ที่เป็น Level 0 ได้ถูกส่งไปที่ National Institute of Informatics (NII) ที่ประเทศญี่ปุ่น และข้อมูล MODIS ที่เป็น Level1B ได้ถูกส่งไปที่ GISTDA ด้วยอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงของระบบเครือข่ายไทยสารเพื่อทำการเก็บรักษาและแจกจ่ายให้นักวิจัยและผู้ใช้ทั่วไปที่สนใจ



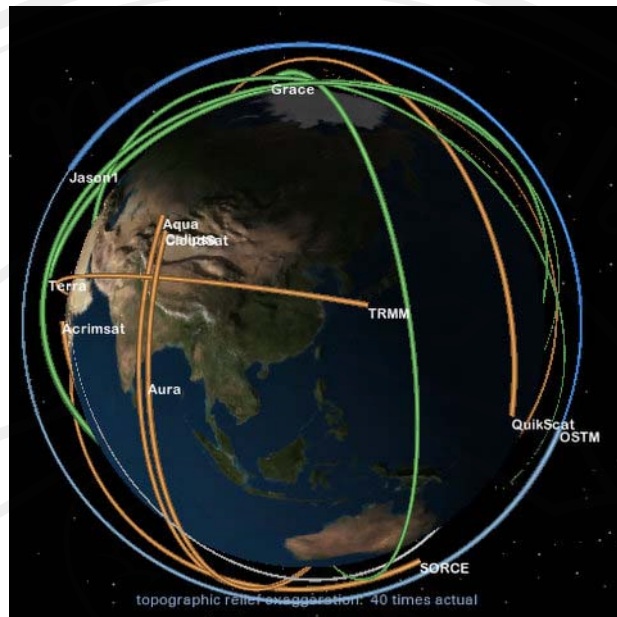
ภาพ 1.8 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซ็นเซอร์ MODIS

จากดาวเทียม TERRA และดาวเทียม Aqua

ที่มา : วีรราช พรแก้ว, 2551

1.5.4.2 การแก้ไขความคลาดเคลื่อนของภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

เป็นการแก้ไขความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตที่เกิดขึ้นของข้อมูลดาวเทียม เพื่อให้ได้ภาพที่ถูกต้องตามตรงกับข้อเท็จจริงหรือความเป็นจริงบนพื้นผิวโลก เพราะภาพดาวเทียมที่ได้จะมีการบิดเบี้ยวไปจากความเป็นจริงของลักษณะภูมิประเทศซึ่งมีการปรับแก้ข้อมูล ภาพดาวเทียมทางด้านรูปทรงและขนาด หรือมาตราส่วนภาพ



ภาพ 1.9 วงโคจรของ ดาวเทียม Terra และ Aqua

ที่มา : http://www.oknation.net/blog/home/blog_data/582/34582/images/e001.jpg

1. ลักษณะความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต

โดยปกติแล้วสาเหตุของความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (ภาพ 1.10) คือ

(1) ความคลาดเคลื่อนแบบไม่มีระบบ (Nonsystematic Distortions)

ความผิดพลาดชนิดนี้จะเกิดขึ้นไม่แน่นอน ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด จะทำให้เกิดความบิดเบือนของข้อมูล เช่น ความผิดพลาดสืบเนื่องมาจากตัวดาวเทียม คือ การทรงตัวและความสูงของดาวเทียม (Altitude and Attitude) จะทำให้เกิดความบิดเบือนของข้อมูลหลายลักษณะ เช่น Pitch หรือ Yaw เป็นต้น โดยจะทำให้ตำแหน่งของจุดภาพบนข้อมูลดาวเทียมคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งบนพื้นผิวโลก, อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม (Spacecraft velocity) ที่ไม่คงที่จะทำให้ข้อมูลบิดเบือนไปในทิศทางเดียวกับแนวโคจรของดาวเทียม รวมทั้งความผิดพลาดที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก (Earth Rotation)

(2) ความคลาดเคลื่อนแบบมีระบบ (Systematic Distortions)

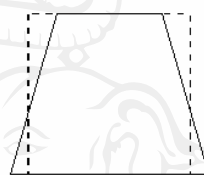
เป็นความคลาดเคลื่อนของข้อมูลดาวเทียมที่เกิดขึ้นสม่ำเสมอคงที่ และสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น ความเร็วไม่คงที่ของกระจกกวาดรับข้อมูล (Mirror velocity variation) ที่เกิดจากขณะเริ่มต้นและสิ้นสุดของการกวาดรับข้อมูลแต่ละบรรทัดไม่เท่ากัน หรือความคลาด

เคลื่อนที่เกิดจากความเอียงของอุปกรณ์กวาดรับข้อมูล (Scan Skew) ขณะที่อุปกรณ์กำลังทำการกวาดรับข้อมูล ทำให้จุดภาพทางด้านซ้ายของภาพรับจำนวนข้อมูลพื้นที่น้อยกว่าจุดภาพทางด้านขวาภาพที่ได้จะเกิดการบิด เป็นคั่น ส่วนสาเหตุจากมุมการกวาดรับข้อมูล (Cross-track scanner distortion) จะเกิดขึ้นน้อยมากสำหรับข้อมูลดาวเทียม LANDSAT เนื่องจากมุมการกวาดรับข้อมูลแต่ละข้างมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตยังเกิดจากสาเหตุอื่นๆ ได้อีก เช่น ความโค้งของโลก หรือ แนวโคจรของดาวเทียม เป็นต้น

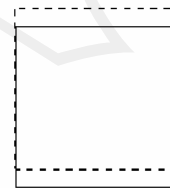
ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากตัวดาวเทียม



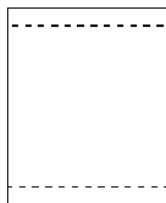
การหมุนของโลก
earth rotation



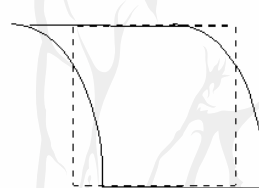
การเปลี่ยนระดับ โคจร
altitude variation



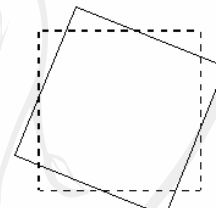
การโคลงตัว
pitch variation



ความเร็วดาวเทียม
spacecraft velocity



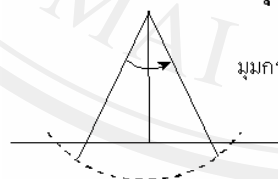
การหมุน
roll variation



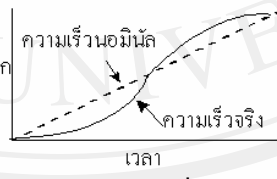
การล้า
yaw variation

Non Systematic Distortions.

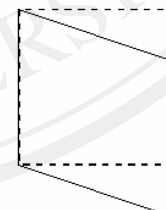
ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุปกรณ์สำรวจ



ความคลาดเคลื่อนตามแนวกวาด
cross-track scanner distortion



ความคลาดเคลื่อนจาก
ความเร็วกระຈก
mirror velocity variations



การบิดของแนวกวาด
scan skew

Systematic Distortions.

ภาพ 1.10 ลักษณะความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตประเภทต่างๆ ของภาพจากดาวเทียม

ที่มา : กันยา ทิสากร และคณะ, 2536

2. ขั้นตอนการแก้ไขความคลาดเคลื่อนของภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

การแก้ไขทางเรขาคณิตสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ System Correction เป็นการแก้ไขเพียงบางส่วน เช่น การปรับแก้ภาพให้เอียงเพื่อสอดคล้องกับแนวการกวาดภาพ ซึ่งสถานีรับสัญญาณจะเป็นผู้ทำให้ อีกระดับคือ Precision Correction ซึ่งการแก้ไขจะอ้างอิงกับสิ่งที่เป็มาตรฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปจะใช้แผนที่ภูมิประเทศที่มีพิกัดเป็นระบบ UTM ในมาตราส่วน 1:50,000 โดยเลือกจุดพิกัดควบคุมทางภาคพื้นดินหรือที่เรียกว่า GCPs (Ground Control Points) ที่เห็นเด่นชัดทั้งบนภาพดาวเทียมและแผนที่ภูมิประเทศ จากค่าพิกัดของ GCPs เหล่านี้จะช่วยในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดบนแผนที่ภูมิประเทศ (UTM coordination) และค่าพิกัดบนภาพดาวเทียม (Line-Pixel coordination) สำหรับใช้ในการปรับแก้ภาพดาวเทียมให้มีความถูกต้องทางเรขาคณิต โดยมีขั้นตอนหลักในการปรับแก้ดังนี้

(1) การเลือกจุดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ (Manual Selecting a Reference Point)

การกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้กับข้อมูลภาพ เป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ของระบบพิกัด ระหว่างข้อมูลภาพที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ungeocoded image) กับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของข้อมูลอ้างอิง (Reference image) เพื่อให้ระบบพิกัดของข้อมูลที่ต้องการปรับแก้ ถูกเปลี่ยนให้เป็นระบบพิกัดใหม่ตามระบบพิกัดของข้อมูลอ้างอิง ข้อมูลภาพที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ อาจเป็นข้อมูลภาพที่ถูกนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยเครื่องกราดภาพ (Scanner) เช่น ภาพแผนที่ภูมิประเทศ (Scanned topography map), ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photograph) หรืออาจจะเป็น ข้อมูลจากดาวเทียมในระบบพิกัดภาพ (Image coordinate system) เป็นต้น สำหรับข้อมูลอ้างอิง จะเป็นข้อมูลภาพที่มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Rectified image) ซึ่งเป็นข้อมูลภาพที่มีการอ้างอิงกับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate system หรือ Geocoded image)

ความถูกต้องของกระบวนการกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์นั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground control points-GCPs) หรือ จุดอ้างอิง (Reference points) ซึ่งเป็นจุดที่ตำแหน่งใดก็ได้ในข้อมูลภาพที่เห็นปรากฏได้ชัดเจนและสามารถทราบตำแหน่งพิกัดที่แท้จริงบนพื้นโลก จุด GCPs ที่ดีส่วนใหญ่ต้องเป็นจุดที่มีความคงที่ของรูปทรงและสังเกตได้ง่าย เช่น จุดตัดของวัตถุต่าง ๆ (สี่แยกถนนตัดกัน สะพานข้ามแม่น้ำ หรือ สะพานข้ามทางรถไฟ) มุมของวัตถุ หรือ วัตถุที่มีมุมแหลม (แปลงที่ดิน มุมของอาคาร) เป็นต้น (จรัญธร, 2546)

จุด GCP ควรจะมีจำนวนมากพอ และกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ของภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อควบคุมการแปลงพิกัด (Transformation) ให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ นอกจากนี้ตำแหน่งของจุด GCP ควรจะครอบคลุมทั่วบริเวณของภาพรวมถึงบริเวณมุมของภาพด้วย สำหรับจำนวนจุดพิกัด (GCP) ในขบวนการแก้ไขความคลาดเคลื่อนนี้ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการแปลงพิกัดจากสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการแปลงข้อมูลภาพ (เมตริกในการแปลงค่าพิกัด) โดยรูปแบบในการแปลงค่าพิกัด (Transformation models) ที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

(ก) **Affine or 1st- order polynomial** เป็นรูปแบบของสมการเส้นตรง (linear model) จะใช้ปรับแก้ภาพดาวเทียมที่มีความผิดพลาดในลักษณะเกิดการหมุน หรือการส่าย หรือมีมาตราส่วนคลาดเคลื่อน

(ข) **Helmert** เป็นรูปแบบของสมการเส้นตรงเช่นกัน ที่ใช้ปรับแก้ภาพที่เกิดความคลาดเคลื่อนทางแกน X และ Y หรือภาพที่มีการหมุน

(ค) **Polynomial Equation** เป็นรูปแบบของสมการ Nonlinear model แบบโพลิโนเมียล ซึ่งมีค่าอนุพันธ์ (Orders) หลายระดับให้เลือกใช้ โดยปกติจะใช้อนุพันธ์ ตั้งแต่อนุพันธ์ที่ 2 จนถึงอนุพันธ์ที่ 5

เทคนิคในการกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้กับข้อมูลภาพ อาจแบ่งเป็น 2 วิธีการหลัก คือ (จรัญธร, 2546)

- การกำหนดระบบพิกัดระหว่างภาพกับภาพ (Image to Image)

การให้ค่าพิกัดโดยวิธีนี้ เป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ของระบบพิกัดของข้อมูลภาพ 2 ภาพหรือมากกว่า ระหว่างข้อมูลภาพที่ไม่มีระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ungeocoded image) กับข้อมูลภาพในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geocoded image) หรือข้อมูลอ้างอิง เพื่อเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้เป็นระบบพิกัดใหม่ตามระบบพิกัดของข้อมูลอ้างอิง โดยกำหนดจุด GCP จากตำแหน่งของวัตถุที่สามารถเห็นได้ชัดเจนในข้อมูลภาพทั้งสองหรือหลายภาพ ตัวอย่างของวิธีการนี้ เช่น การใช้ภาพข้อมูลระยะไกล (Remotely sensed image) ศึกษาข้อมูลในพื้นที่เดียวกันแบบหลายช่วงเวลา

- การกำหนดระบบพิกัดระหว่างภาพกับแผนที่ (Image to Map)

เทคนิคนี้เป็นการกำหนดจุด GCPs ให้กับข้อมูลภาพที่ต้องการให้ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยอ้างอิงจากข้อมูลเชิงเส้นที่มีอยู่แล้ว (Existing vector data) หรือ ข้อมูลจากระบบกำหนดพิกัดพื้นโลกด้วยสัญญาณดาวเทียม (Global Positioning System-GPS) นอกจากนี้อีกวิธีหนึ่งคือ ใช้แผนที่ภูมิประเทศหรือแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) ที่มีระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบ UTM เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง

(2) การแปลงค่าพิกัด (Co-ordinate transformation)

กระบวนการ Transformation หรือการคำนวณและทดสอบเมตริกแปลง เป็นกระบวนการดึงภาพที่บิดเบือนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริง โดยมีจุด GCP ที่เลือกไว้เป็นจุดตรงตำแหน่งต่างๆ ในขั้นตอนนี้จะคำนวณค่าจากจุดควบคุมทางภาคพื้นดินที่กำหนดลงไปบนภาพ ผลการคำนวณจะระบุค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square : RMS.) ของแต่ละจุด โดยมีหน่วยเป็นระยะทางระหว่างตำแหน่งของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินและจุดควบคุมทางภาคพื้นดินที่คำนวณขึ้นใหม่ ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีหน่วยเป็นจำนวนจุดภาพ (Pixel) หรือ เป็นเมตร โดยรูปแบบของสมการที่ใช้คำนวณความคลาดเคลื่อน (RMS) มีดังต่อไปนี้

$$\text{RMS สำหรับแกนราบ } X = (\text{SUM } (X - X_{org})^2 / (n-k)) \quad (1.3)$$

$$\text{RMS สำหรับแกนราบ } Y = (\text{SUM } (Y - Y_{org})^2 / (n-k)) \quad (1.4)$$

เมื่อ : X_1 = ค่าพิกัดแนวราบที่คำนวณได้ในข้อมูลภาพที่ยังไม่ได้ปรับแก้

Y_1 = ค่าพิกัดแนวดิ่งที่คำนวณได้ในข้อมูลภาพที่ยังไม่ได้ปรับแก้

X_{org} = ค่าพิกัดแนวราบของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินในภาพ

Y_{org} = ค่าพิกัดแนวดิ่งของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินในภาพ

n = จำนวนจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน

k = ค่า Degree of freedom หรือ จำนวนจุด GCP ที่ต้องใช้ ซึ่งขึ้นกับรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ในการแปลงพิกัด

ค่า RMS_{error} สามารถบอกได้ว่า จุดควบคุมภาคพื้นดินมีตำแหน่งพิกัดใกล้เคียงกับพิกัดอ้างอิงเพียงใด (มีหน่วยเป็นจุดภาพ) โดยทั่วไปค่า RMS_{error} ที่ยอมรับได้จะมีค่าบวกหรือลบไม่เกิน 1 จุดภาพ ถ้าค่า RMS_{error} มีค่าสูงแสดงว่า ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งมีมาก อย่างไรก็ตามการกำหนดจุด GCP ในตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสมสามารถที่จะเพิ่มความถูกต้องของการแปลงค่าพิกัดได้

(3) การสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Resampling)

การสุ่มตัวอย่างซ้ำ หรือ Resampling เป็นกระบวนการปรับแก้ค่าระดับสีเทาหรือเป็นการสร้างข้อมูลภาพใหม่ หลังจากการแก้ไขด้านตำแหน่งของข้อมูลดาวเทียมแล้ว ขนาดและตำแหน่งของจุดภาพจะเปลี่ยนแปลงไป จึงต้องปรับค่าระดับสีเทาของข้อมูลใหม่โดยการ

Resampling Interpolation เพื่อให้ได้ค่าระดับค่าสีเทาที่สอดคล้องกับตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลง วิธี Resampling หรือการสร้างจุดภาพใหม่ ขนาดของจุดภาพ (Pixel size) ใหม่อาจจะมีขนาดเท่าเดิม หรือเปลี่ยนแปลงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับการกำหนดของผู้ใช้ สำหรับการแทนค่าตัวเลขลงในจุดภาพใหม่มี 3 วิธี คือ

- **Nearest neighbor substitution** เป็นวิธีแทนด้วยค่าระดับสีเทาของจุดภาพเดิมที่อยู่ใกล้ที่สุดกับจุดภาพที่ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำ วิธีนี้ค่อนข้างง่ายและใช้เวลาในการคำนวณน้อย แต่ให้ความถูกต้องไม่สูงนัก

- **Bilinear interpolation** เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นคู่ โดยการสมมุติให้ค่าความต่างระหว่างจุดภาพเดิม 4 จุดภาพ

- **Cubic convolution** ค่อนข้างจะซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่า 2 วิธีแรก จะใช้ค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ใกล้กับจุดภาพที่จะทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำจำนวน 9 หรือ 16 จุดภาพในการคำนวณค่าใหม่ วิธีนี้จะสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะโพลิโนเมียลระดับสูง (มากกว่า 1st order)

ในการดำเนินการในลักษณะนี้ข้อมูลจะได้ระบบการกรองหรือเฉลี่ยให้เรียบขึ้นตามปริมาณจุดภาพเดิมที่ใช้ ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้จะต้องทำการปรับภาพให้คมชัด (Sharp) ก็อาจจะเลือกใช้วิธี Nearest neighbor substitution แล้วจึงทำการปรับภาพให้เรียบด้วยซอฟต์แวร์ในภายหลัง ซึ่งจะง่ายและประหยัดเวลามาก สำหรับวิธี Bilinear interpolation ภาพใหม่ที่ได้จะมีเนื้อภาพเรียบ (Smooth) แต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานกว่าวิธี Nearest neighbor ในขณะที่วิธี Cubic convolution จะให้ภาพที่มีลักษณะเนื้อภาพคมชัดขึ้น แต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานกว่า 2 วิธีแรก และค่าระดับสีเทาที่ได้ในแต่ละจุดภาพอาจจะแตกต่างไปจากจุดภาพเดิมมาก เพราะได้จากการคำนวณของจุดภาพข้างเคียง อย่างไรก็ตามในการที่จะเลือกวิธีการสร้างจุดภาพใหม่ ด้วยวิธีใดจะขึ้นกับการวินิจฉัยของผู้ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน

1.5.5 แนวคิดในการหาความสัมพันธ์กันของข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝุ่นละออง (PM_{10}) ที่ได้จากดาวเทียมเซนเซอร์ MODIS กับข้อมูลฝุ่นละอองที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน โดยจะทำการวิเคราะห์สมการถดถอย ทั้ง 8 รูปแบบ เพื่อหาสมการถดถอยรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบและสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวหรือมากกว่า โดยที่ตัวแปรหนึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependence Variable) และตัวแปรอื่นๆ หรือตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัว เรียกว่า ตัวแปรอิสระ หรือตัวพยากรณ์ (Independence Variable หรือ Predictor) วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อที่จะอธิบายตัวแปรตามในรูปของฟังก์ชันของตัวแปรอิสระ กล่าวคือเป็นวิธีการหาสมการที่สามารถใช้ประมาณหรือพยากรณ์ตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระ

ฉะนั้นในการวิเคราะห์การถดถอย จะต้องทราบว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรตามและตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ นอกจากนี้จะต้องกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระให้เหมาะสมกับความสัมพันธ์ที่แท้จริง ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรนั้นสามารถพิจารณาได้จากแผนภาพการกระจายนอกเหนือจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้รูปแบบสมการถดถอยทั้งหมด 8 รูปแบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบ ล็อกการิทึม (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิก (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) และการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear models)

1.6 ทบทวนวรรณกรรม

การประเมินความถูกต้องในการหา PM_{10} ในอากาศโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS เพื่อทำแผนที่ปริมาณ PM_{10} ในอากาศ ในพื้นที่ภาคเหนือนี้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูล และทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ดังนี้

1.6.1 การศึกษาเกี่ยวกับการประเมินมลพิษในอากาศ

วีรญา แฟ่งแสง (2547) ได้ศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะมลพิษทางอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ มาบูรณาการกัน เนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครมีทั้งหมด 13 แห่ง ซึ่งมีจำนวนไม่เพียงพอและทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ช่วงความเข้มข้นของปริมาณก๊าซมลพิษในเขตที่ไม่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ถูกต้องได้ ดังนั้นเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial interpolation) สามารถคาดการณ์ความเข้มข้นของปริมาณก๊าซมลพิษในแต่ละพื้นที่ที่ไม่มีมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศได้จากการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่จะได้ผลลัพธ์แบ่งเป็นช่วงความเข้มข้นของก๊าซมลพิษเท่าแต่ละชนิด และผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้คือ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิด

ภาวะมลพิษก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คือ ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตจตุจักร บางรัก บึงกุ่ม ปทุมวัน ราชเทวี ลาดพร้าว สาทร และพื้นที่ที่เสี่ยงต่อภาวะมลพิษก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตบางรัก บึงกุ่ม ปทุมวัน ราชเทวี ลาดพร้าว วัฒนา สาทร ซึ่งพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะมลพิษทางอากาศของก๊าซมลพิษทั้ง 2 ชนิดนี้ครอบคลุมพื้นที่ในย่านใกล้เคียงกัน เป็นแหล่งชุมชนที่หนาแน่น และเป็นแหล่งศูนย์กลางทางธุรกิจ สภาพการจราจรที่แออัด ผลจากการศึกษาพบว่าบริเวณดังกล่าวมีช่วงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ในระดับที่สูง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.53 และ ร้อยละ 23.21 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ สำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะมลพิษก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ เขต บางกะปิ และสวนหลวง คิดเป็นร้อยละ 29.06 ของพื้นที่ศึกษา

Pere, J.-C. และคณะ (2007) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการที่จะตรวจวัดสภาพมลพิษในอากาศด้วยดาวเทียม ซึ่งได้ทำการศึกษาบริเวณทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศฝรั่งเศส ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาด้านมลภาวะบริเวณหนึ่งของยุโรป ที่เป็นเมืองที่มีแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกเชิงแสง (Aerosol optical thickness, AOT) ที่ได้รับจาก เครื่องมือวัดแอโรซอล ในเครือข่ายหุ่นยนต์ติดตามละอองในบรรยากาศ (Aerosol Robotic Network, AERONET) กับปริมาณ PM_{10} ที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดมลพิษในอากาศภาคพื้นดิน จำนวน 5 สถานี ในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสอง อยู่ที่ 0.68 – 0.79

Lim, H. S. และคณะ (2006) ศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและความเข้มข้นของปริมาณ PM_{10} บริเวณเหนือเกาะ Penang ประเทศมาเลเซีย ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูลช่วงคลื่นความร้อนของดาวเทียม Landsat TM และข้อมูลที่วัดได้จากภาคพื้นดิน โดยตำแหน่งของสถานีวัดได้จาก GPS โดยใช้สมการถดถอยในการเชื่อมความสัมพันธ์กันของค่า Digital Number (DN Value) และค่าปริมาณ PM_{10} ที่วัดได้ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก ความสัมพันธ์ที่ได้จะให้ค่า root-mean-square deviation (RMS) ที่ต่ำที่สุด แล้วจึงนำสมการที่ได้ มาใช้ร่วมกับเทคนิคทางภูมิสารสนเทศสร้างแผนที่ปริมาณ PM_{10} ในอากาศในบริเวณเหนือเกาะ Penang

1.6.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมกับมลภาวะทางอากาศ

จิระ ประังเขียว และคณะ (2552) ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) และภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ดำเนินการศึกษาโดยประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ

พื้นที่เกิดไฟฟ้า และปริมาณมลภาวะทางอากาศในพื้นที่แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่แอ่งกระทะหรือพื้นที่ปิดระหว่างหุบเขาที่เอื้อต่อการเกิดหมอกควันปกคลุม เนื่องจากมีการระบายอากาศที่ไม่ดี ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีโดยนำปัจจัยด้านทิศทาง และกระแสลมในช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์มลภาวะทางอากาศในภาคเหนือมาประกอบในการพิจารณาเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม NOAA และ MODIS ร่วมในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่เกิดจริง และได้ทำการวิเคราะห์มลภาวะทางอากาศโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม NOAA เพื่อหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากไฟฟ้าทั้งสิ้น 5 ประเภท ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน (O_3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ร่วมกับค่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เกิดไฟฟ้าและมลภาวะทางอากาศในลำดับต่อไป โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมในการวิเคราะห์

จากผลการดำเนินงานในส่วนของการวิเคราะห์พื้นที่เกิดไฟฟ้าและมลภาวะทางอากาศพบว่าเทคนิคทางด้านการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม สามารถประมาณการพื้นที่เกิดไฟฟ้าและความเข้มข้นของมลภาวะทางอากาศได้ แต่ยังมีข้อจำกัดทางด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง อย่างไรก็ตามถือว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถใช้ประมาณการและได้คำตอบที่รวดเร็ว สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การเกิดไฟฟ้าและมลภาวะทางอากาศนั้น พบว่าการเกิดไฟฟ้าเป็นปัจจัยเสริมส่วนหนึ่งที่ทำให้ความเข้มข้นของมลภาวะทางอากาศเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มาเกี่ยวข้องและส่งเสริมให้สภาพปัญหาที่มีความรุนแรงมากขึ้น ได้แก่ ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ และแหล่งกำเนิดมลภาวะทางอากาศอื่นๆ ที่มีอยู่ในเขตพื้นที่

วிரราช พรแก้ว (2009) ได้ใช้ข้อมูลค่าความหนาแน่นแสง (AOT) จากผลิตภัณฑ์ MOD04 ของดาวเทียมเซนเซอร์ MODIS ในการศึกษาสภาวะอากาศ ของประเทศไทย กรณีศึกษาบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยการหาความสัมพันธ์กันระหว่าง AOT กับค่า PM_{10} ที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ทั้ง 12 สถานีด้วยวิธีสหสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลปริมาณ PM_{10} ในช่วงเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ.2549 และช่วงเดือน มกราคม – พฤษภาคม พ.ศ.2550 และดูความสัมพันธ์กันของข้อมูลจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละสถานี พบว่า ในช่วงปี 2549 มีค่าความสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.179 – 0.505 และในช่วงปี 2550 มีค่าความสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.312 – 0.510 ซึ่งสรุปได้ว่าสามารถใช้ค่า AOT มาประยุกต์ใช้ในการหาความเข้มข้นของปริมาณ PM_{10} ในอากาศได้

Nuno Grosso, Francisco Ferreira และ Sandra Mesquita (2001) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำแผนที่ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณ เมือง

Lisbon โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกเชิงแสงของชั้นบรรยากาศ ที่ได้รับจากดาวเทียม เซนต์เซอร์ MODIS Level 1B และปริมาณ PM_{10} ที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ภาคพื้นดิน โดยการหาความสัมพันธ์กันของข้อมูลจากสมการเชิงเส้น และทำแผนที่ปริมาณ PM_{10} ด้วยการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) ซึ่งการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของ ข้อมูลนั้น ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ 1 ที่มีความยาวคลื่น 620 – 670 นาโนเมตร และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 250 เมตร ของวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2544 และวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2544 ซึ่งเมื่อทำการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยสมการเส้นตรงแล้ว พบว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า $R^2 = 0.77$ และทำแผนที่ปริมาณ PM_{10} ในอากาศด้วยการประมาณค่าข้อมูลด้วยวิธี Ordinary Kriging

Ahmad และ Hashim (2000) ได้ศึกษาหาปริมาณมลภาวะในอากาศในประเทศมาเลเซีย ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในโตรเจนไดออกไซด์ (SO_2) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และ โอโซน (O_3) ด้วยการหาความสัมพันธ์กันระหว่างผลการตรวจวัด มลภาวะทางอากาศจากสถานีภาคพื้นดิน กับค่าการสะท้อนของดาวเทียม NOAA-14 AVHRR แบนด์ 1 และ แบนด์ 2 โดยใช้สมการถดถอย 8 แบบ ได้แก่ linear, logarithmic, quadratic, cubic, power, S-curve, exponential, และ multiple linear ซึ่งพบว่า การหาปริมาณ PM_{10} , SO_2 , NO_2 ใช้ สมการถดถอยแบบ cubic ให้ค่า RMSE เท่ากับ 33, 18 และ 11 ตามลำดับ (ตาราง 1.3) ส่วนการหา ปริมาณ CO ใช้สมการถดถอยแบบ Power ให้ค่า RMSE เท่ากับ 13 และการหาปริมาณ O_3 ใช้สมการ ถดถอยแบบ Quadratic ให้ค่า RMSE เท่ากับ 10 แล้วจึงนำสมการที่ได้ ร่วมกับเทคนิคทางภูมิ สารสนเทศ สร้างแผนที่ปริมาณมลพิษในอากาศเพื่อสามารถประเมินปริมาณมลพิษในอากาศใน บริเวณกว้างได้

ตาราง 1.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างผลการตรวจวัดมลภาวะทางอากาศจากสถานี ภาคพื้นดิน กับค่าการสะท้อนของดาวเทียม NOAA-14 AVHRR แบนด์ 1 และ แบนด์ 2 โดยใช้ สมการถดถอย 8 แบบ ในประเทศมาเลเซีย

Haze Component	R^2	Regression Model		RMSE (API)
		Equation	Type	
PM_{10}	0.5098	$PM_{10} = -0.2410*(Band\ 1)^2 + 0.007*(Band\ 1)^3 + 108.3328$	Cubic	33
SO_2	0.3154	$SO_2 = 4.7528*Band\ 1 - 0.0004*(Band\ 1)^3 - 112.7823$	Cubic	18
NO_2	0.3262	$NO_2 = -0.1849*(Band\ 2)^2 + 0.0049*(Band\ 2)^3 + 39.5779$	Cubic	11
CO	0.2428	$CO = 0.0005*(Band\ 2)^{3.1026}$	Power	13
O_3	0.0286	$O_3 = 4.0242*(Band\ 1) - 0.0642*(Band\ 1)^2 - 15.2524$	Quadratic	10

ที่มา : Asmala Ahmad และ MaZlan Hashim ,2000

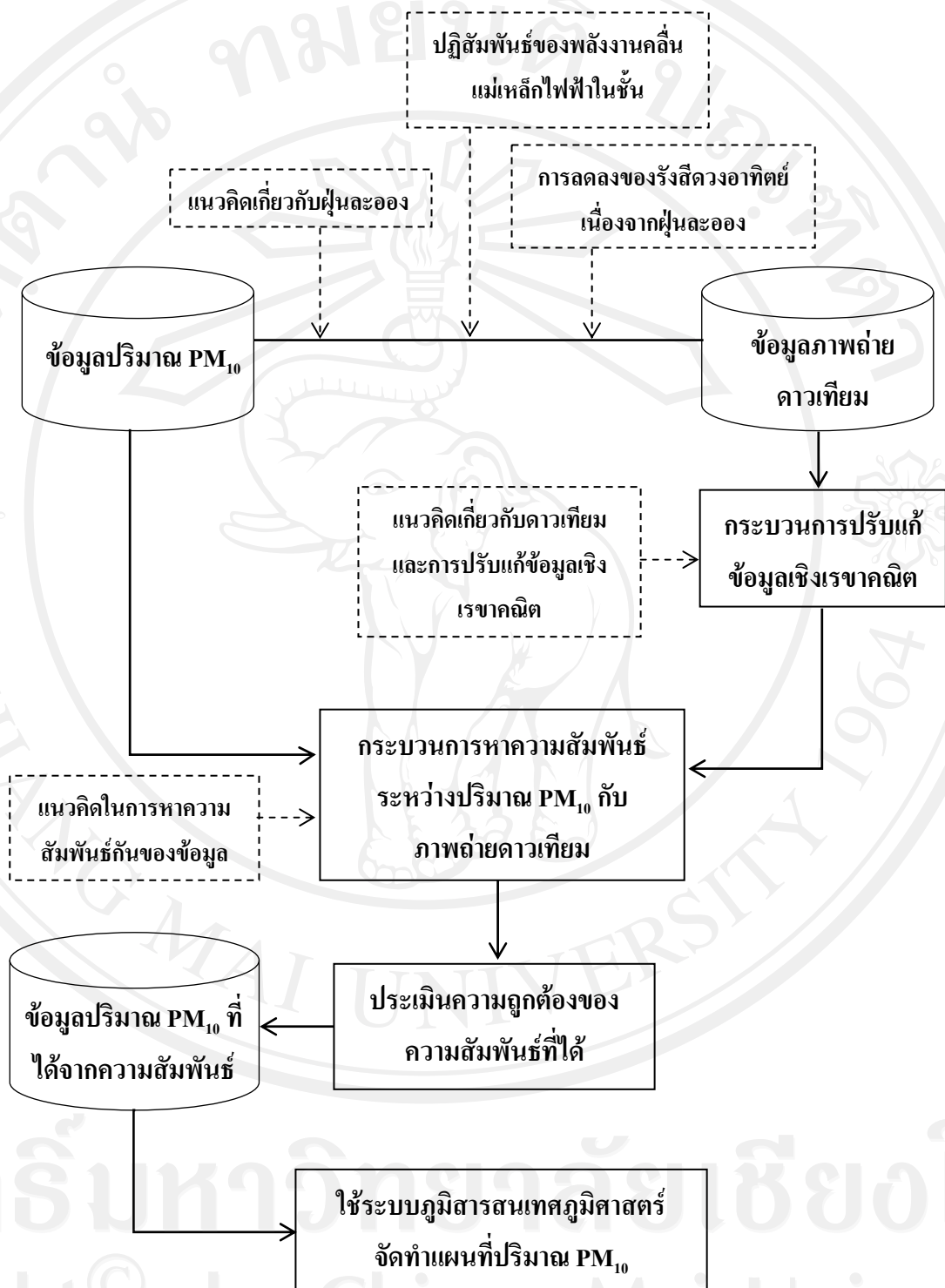
1.7 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้แบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นกระบวนการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม เนื่องจากข้อมูลจาก MODIS อยู่ในรูปของ HDF-EOS และอ้างอิงโดยเส้นโครงแผนที่แบบ Sinusoidal และยังไม่มียระบบพิกัดกริด จึงต้องทำการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องตรงตามข้อเท็จจริงหรือความเป็นจริงบนพื้นผิวโลก แล้วทำการเลือกช่วงคลื่นที่ใช้ในการทำงานในขั้นตอนต่อไป

ส่วนที่ 2 เป็นกระบวนการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{10} ที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กับภาพถ่ายดาวเทียมระบบเซ็นเซอร์ MODIS ด้วยสมการถดถอยเพื่อหาสมการที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination : R^2)

ส่วนที่ 3 เป็นกระบวนการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพื่อทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยพิจารณาจากผลการประเมินความแม่นยำและความสัมพันธ์ของค่าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จริง จากนั้นใช้สมการที่ดีที่สุดร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จัดทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย



ภาพ 1.11 กรอบแนวคิดในการศึกษา

1.8 ระเบียบวิธีวิจัย

จากแนวทางการศึกษาที่มุ่งในการประเมินความถูกต้องในการหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ (PM_{10}) โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS เพื่อทำแผนที่ปริมาณ PM_{10} ในอากาศ ในพื้นที่ภาคเหนือ จึงได้มีการดำเนินงานดังนี้

1.8.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทำแผนที่ปริมาณ PM_{10} ในอากาศ โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1) รวบรวมผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดินในพื้นที่ภาคเหนือ ทั้ง 10 สถานีจากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 ซึ่งในช่วงวันเหล่านี้เป็นช่วงที่มีปริมาณ PM_{10} ในอากาศสูงเกินระดับมาตรฐาน

2) รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS ได้แก่ ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว (Surface Reflectance) จากผลิตภัณฑ์ MOD09 และข้อมูลค่าความหนาเชิงแสงของละอองลอย (AOT) จากผลิตภัณฑ์ MOD04 วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 โดยดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/> แล้วทำการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ให้มีพิกัดตรงตามตำแหน่งจริงบนผิวโลก

3) ใช้ข้อมูลค่าการสะท้อนพื้นผิว (Surface Reflectance) ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ MOD09 และข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) จากผลิตภัณฑ์ MOD04 หาความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน ทั้ง 10 สถานี ด้วยสมการถดถอย 8 แบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบ ล็อกการิทึม (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิก (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) และการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear models) และพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) ถ้าค่า R^2 มีค่าสูง ความแม่นยำของการนำสมการไปใช้เพื่อทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไป สมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 (Haaland, 1989 และ Hu, 1999) หากสูงกว่า 0.90 ถือว่าดีมาก (ค่า R^2 มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยที่ 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างตัวแปรตามและอิสระ, 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์)

4) ทำการประเมินความแม่นยำของค่าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จริงเพื่อหาตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งสมการที่ดีที่สุดในการคำนวณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ

5) เมื่อได้รูปแบบสมการที่ดีที่สุดแล้ว จึงนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสร้างแผนที่ปริมาณ PM_{10} ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

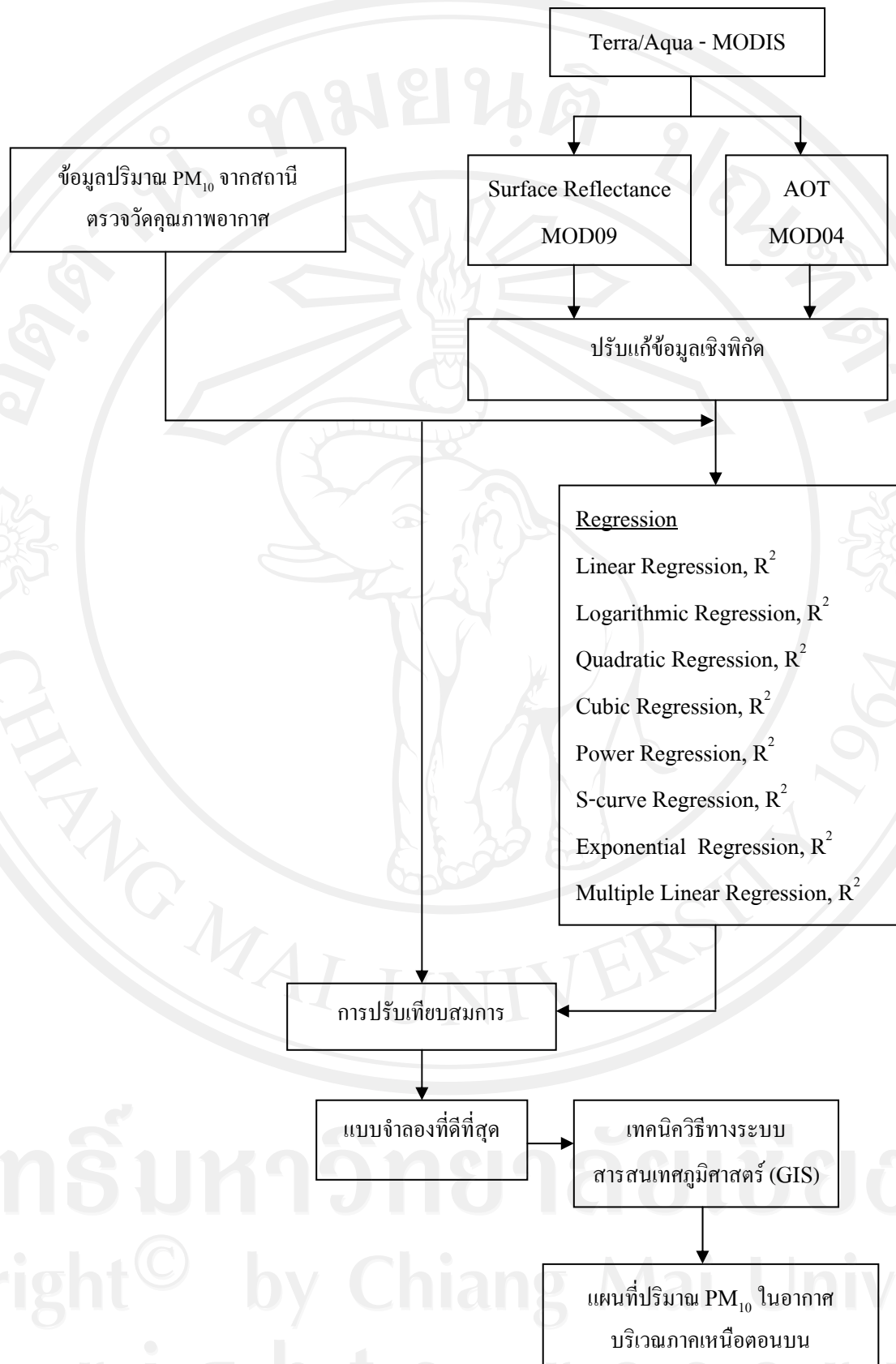
1.8.2 ข้อมูล แหล่งข้อมูล และการรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดินบริเวณพื้นที่ภาคเหนือ ทั้ง 10 สถานี โดยขอข้อมูลจาก กรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553
- 2) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra/Aqua – MODIS โดยใช้ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิวจากผลิตภัณฑ์ MOD09 และข้อมูลค่าความหนาเชิงแสงของละอองลอย (AOT) จากผลิตภัณฑ์ MOD04 วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553

1.8.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องดังนี้ ระบบหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) คือ Intel Core 2 Duo Processor 1.66 GHz หน่วยความจำ 2 GB หน่วยเก็บข้อมูลขนาด 160 GB และเครื่องอ่าน DVD-RW
- 2) โปรแกรมประมวลผลข้อมูลดาวเทียม ซึ่งนำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์กันของข้อมูล และหาโมเดลที่ดีที่สุดในการทำแผนที่ปริมาณ PM_{10}
- 3) โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่และนำเสนอข้อมูล



ภาพ 1.12 แสดงวิธีการศึกษา