สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

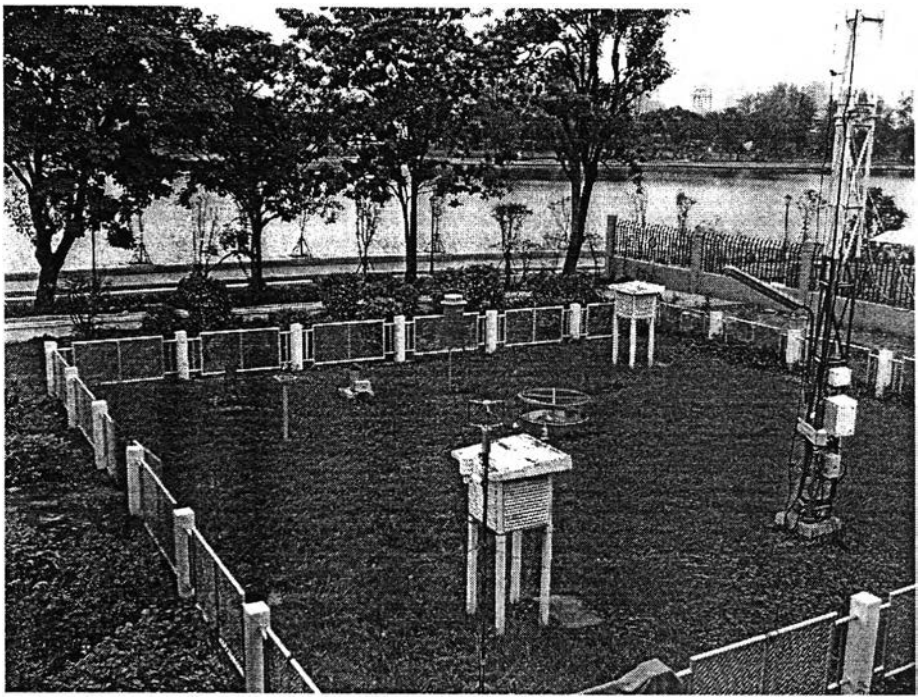
3.1 การคำนวณความคงตัวของชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Stability) จากการเก็บตัวอย่างการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ (Wind Component) ด้วยเครื่อง Ultrasonic Anemometer

1) ศึกษาการคำนวณความคงตัวของชั้นบรรยากาศด้วยหลักการของ Monin-Obukhov

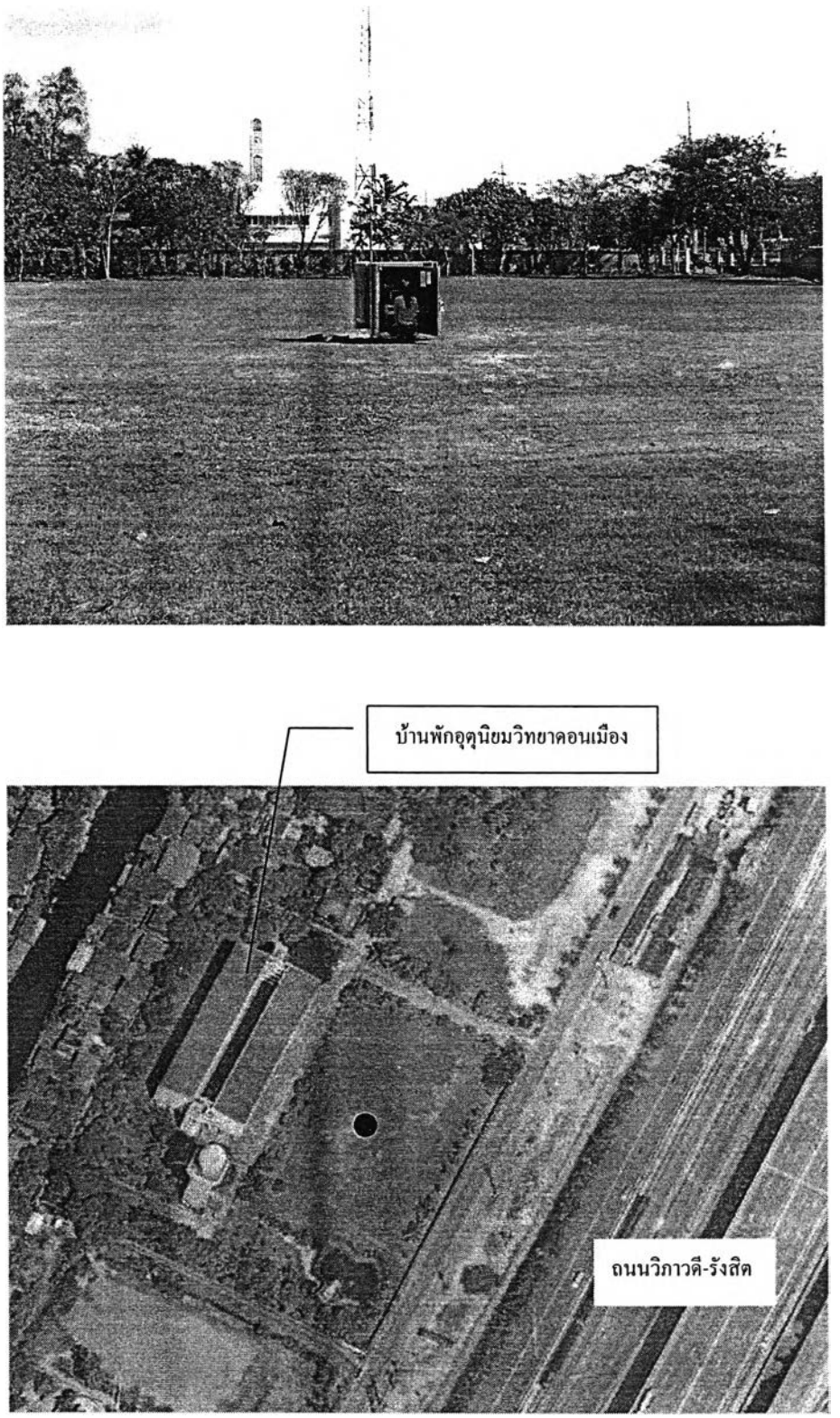
2) เลือกสถานที่ที่ใช้ในการศึกษาความคงตัวของชั้นบรรยากาศ โดยเกณฑ์การเลือกพื้นที่ศึกษาจะแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 2 เขต คือ บริเวณพื้นที่ในเมืองซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นและมีความสูงของสิ่งปลูกสร้างมากและพื้นที่เขตชานเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นและความสูงของสิ่งปลูกสร้างน้อย นอกจากนี้ต้องเป็นพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา ที่เก็บข้อมูลรายชั่วโมง ที่ระดับความสูง 10 เมตร ซึ่งข้อมูลที่ได้จะใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MM5 ที่ระดับความสูง 10 เมตร โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาได้แก่

(1) บริเวณสถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาที่เป็นตัวแทนในเขตเมือง (ภาพที่ 3.1)

(2) บริเวณบ้านพักอุตุนิยมวิทยาขนส่งดอนเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาที่เป็นตัวแทนในเขตชานเมือง (ภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.1 บริเวณสถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติกรุงเทพฯ



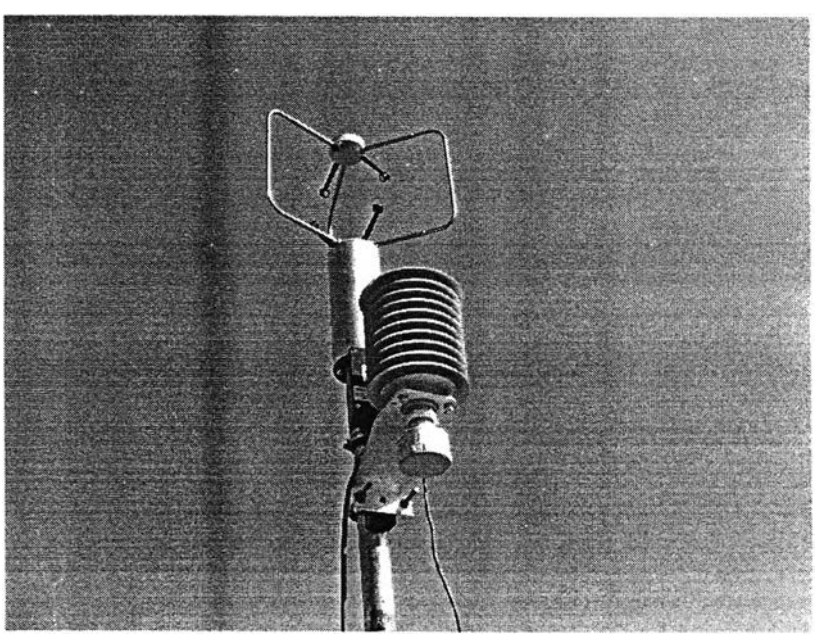
ภาพที่ 3.2 บริเวณบ้านพักอุตุนิยมวิทยาขนส่งดอนเมือง

3) ทำการเก็บตัวอย่างองค์ประกอบของลม ทุกๆ 5 นาที ที่ระดับความสูง 3 เมตร ด้วยเครื่อง Ultrasonic Anemometer ที่สามารถเก็บการเคลื่อนที่ของลมใน 3 แนวแกน, ความเร็วลมเฉลี่ย, ทิศทางลมเฉลี่ย, อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและค่าเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุดและค่าเฉลี่ย โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝนและฤดูแล้ง

(1) บริเวณสถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติกรุงเทพฯ ทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 2-5 ตุลาคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนในช่วงฤดูฝน และวันที่ 22-25 ธันวาคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนในช่วงฤดูแล้ง

(2) บริเวณบ้านพักอุตุนิยมวิทยาขนส่งดอนเมือง ทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 17-20 ตุลาคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนในช่วงฤดูฝน และวันที่ 27-30 ธันวาคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนในช่วงฤดูแล้ง

4) คำนวณความเร็วลม, ทิศทางลม, ความร้อนที่ใช้ในการเผาผลาญอากาศ, ความเร็วเสียดทานและความคงตัวของชั้นบรรยากาศ (Monin-Obukhov Length) จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Ultrasonic Anemometer ดังสมการที่ 2.11 (คำนวณเป็นข้อมูลรายชั่วโมง) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความสูง 10 เมตร ได้แก่ ความเร็วลม, ทิศทางลม และอุณหภูมิ จากสถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติกรุงเทพฯ และจากสถานีอุตุนิยมวิทยาขนส่งดอนเมือง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง MM5



ภาพที่ 3.3 เครื่อง Ultrasonic Anemometer

3.2 การพยากรณ์อุตุนิยมวิทยาและความคงตัวของชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง MM5

ในการพยากรณ์อุตุนิยมวิทยาด้วยแบบจำลอง MM5 ผู้ศึกษาใช้คอมพิวเตอร์ Intel (R) Pentium (R) 4CPU 2.40 GHz 1024 MB of RAM และระบบปฏิบัติการลินุกซ์ทะเล รุ่น 5.5 (Linux Tale Version 5.5) และแบบจำลอง MM5 รุ่น 5 (MM5 Version 5)

3.2.1 การคำนวณลักษณะการใช้ที่ดินและการปรับแก้การใช้ที่ดิน (Land Use) ที่ได้จากโปรแกรม TERRAIN ในแบบจำลอง MM5

1) ศึกษาการคำนวณลักษณะการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรม TERRAIN ในแบบจำลอง MM5

2) คำนวณลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาด้วยด้วยโปรแกรม TEERAIN ในแบบจำลอง MM5 โดยมีการกำหนดรายละเอียดในการคำนวณ ดังนี้

(1) ทำการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ต้องการคำนวณให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 โดเมน (Domain) ซ้อนกัน ซึ่งมีขนาดกริด (Grid Size) เป็น 36, 12 และ 4 กิโลเมตร (ในกรณีที่เลือกการคำนวณแบบ 2 Way Nesting จะมีการกำหนดขนาดกริดของโดเมนภายนอกต้องมีค่าเป็น 3 เท่าของโดเมนภายใน) ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 900*900, 336*336 และ100*100 กิโลเมตรตามลำดับ มีศูนย์กลางการคำนวณอยู่ที่ละติจูด 13.75 องศาและลองติจูด 100.6 องศา

(2) เลือกการคำนวณลักษณะพื้นที่เป็นแบบ 2 Way Nesting เป็นการกำหนดให้ลักษณะที่ขอบ (Boundary Condition) ของโดเมนนอกสุดสามารถส่งผลกระทบต่อโดเมนข้างในได้และโดเมนที่อยู่ภายในก็สามารถส่งผลกลับไปยังโดเมนข้างนอกได้เช่นกัน หากเป็น 1 Way Nesting จะไม่มีการส่งผลกระทบระหว่างโดเมนภายนอกและโดเมนภายใน

(3) เลือก Map Projection เป็นแบบ Mercator ซึ่ง Map Projection แบบ Mercator จะเหมาะกับพื้นที่ที่อยู่ในบริเวณละติจูดต่ำ (Low Latitude) หากเป็นแบบ Lambert Conformal และ Polar Stereographic จะเหมาะกับละติจูดกลาง (Mid Latitude) และละติจูดสูง (High Latitude) ตามลำดับ

(4) เลือกความละเอียดของข้อมูล (Resolution) ให้เหมาะสมกับขนาดกริด โดยเลือกเป็น 3 (ข้อมูลความละเอียด 10 นาทีหรือประมาณ 19 กิโลเมตร), 4 (ข้อมูลความละเอียด 5 นาทีหรือประมาณ 9 กิโลเมตร) และ 5 (ข้อมูลความละเอียด 2 นาทีหรือประมาณ 4 กิโลเมตร) ตามลำดับ

(5) เลือกชุดข้อมูลการใช้ที่ดินตามตารางการจำแนกการใช้ที่ดินเป็น 24 ประเภทของ USGS (ดูรายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 2.9)

(6) ทำการคำนวณเพื่อหาลักษณะการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรม TERRAIN

3) ปรับแก้ผลการใช้ที่ดินในโดเมนที่ 3 ที่ได้จากแบบจำลอง MM5 ให้ใกล้เคียงกับลักษณะการใช้ที่ดินจริงในเขตกรุงเทพมหานครด้วยโปรแกรม TERRAIN โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2544 ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน

(1) ศึกษาลักษณะการใช้ที่ดินในกรุงเทพมหานครในปี 2544 โดยใช้โปรแกรม Arc View ช่วยในการศึกษา

(2) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของการใช้ที่ดินในแต่ละกริดระหว่างข้อมูลที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง MM5 กับข้อมูลการใช้ที่ดินในกรุงเทพมหานคร

(3) ปรับแก้การใช้ที่ดินในโปรแกรม TERRAIN โดยการกำหนดจำนวนกริดที่ต้องการแก้ไข ตำแหน่งของกริดและบอกประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละกริด โดยใช้ตารางการจำแนกการใช้ที่ดินเป็น 24 ประเภทของ USGS ช่วยในการเลือกประเภทการใช้ที่ดิน

(4) ทำการคำนวณเพื่อหาลักษณะการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรม TERRAIN

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม TERRAIN คือ ได้ลักษณะการใช้ที่ดินที่มาจากการประเมินด้วยโปรแกรม TERRAIN และลักษณะการใช้ที่ดินที่มาจากการประเมินด้วยโปรแกรม TERRAIN ที่มีการปรับแก้การใช้ที่ดิน โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรมย่อยอื่นๆ ต่อไป

3.2.2 การเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในแนวระนาบ (Horizontal) ด้วยโปรแกรม PREGRID

1) ศึกษาการเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาด้วยโปรแกรม REGRID ในแบบจำลอง MM5

2) เตรียมข้อมูลเพื่อใช้พยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาด้วยโปรแกรม REGRID โดย Download ข้อมูลจากศูนย์ NCEP ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาทำการพยากรณ์ภายใน 24 ชั่วโมง และมีการปรับแก้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทุกๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการปรับแก้ทั้งหมด 5 ชุด แต่เนื่องจากชุดข้อมูลแต่ละชุดมีขนาดใหญ่ (ประมาณ 22.5 MB) ผู้ศึกษาจึงขอความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยาในการ Download ข้อมูล

3) ทำการคำนวณเพื่อประเมินอุตุนิยมวิทยาในแนวระนาบด้วยโปรแกรม REGRID

3.2.3 การเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในแนวดิ่ง (Vertical) ด้วยโปรแกรม INTERPF

1) ศึกษาการคำนวณด้วยโปรแกรม INTERPF

2) การกำหนดค่าชั้นซิกมา (Sigma Level) ทำการคำนวณค่าชั้นซิกมาเพื่อใช้ในการแบ่งชั้นความสูง ทำการแบ่งชั้นซิกมาเป็น 28 ชั้น โดยกำหนดค่าซิกมาที่ระดับล่างเป็นที่ความสูง 3 เมตร, 6 เมตร, 10 เมตร และ 20 เมตร โดยเกณฑ์ในการกำหนดจะพิจารณาจากตัวแปรที่แตกต่างกัน

จะให้ผลการคำนวณที่ระดับต่างกันโดยองค์ประกอบของลมในแนวระนาบ, อุณหภูมิ, ความกดอากาศ จะอยู่ที่กึ่งกลางของชั้นซิกมา (Half-Sigma) และองค์ประกอบของลมในแนวดิ่งจะอยู่ที่ชั้นซิกมา (Full-Sigma) ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้ต้องการข้อมูลที่ระดับ 3 เมตรและ 10 เมตร จึงต้องกำหนดให้ซิกมาอยู่ที่ 6 เมตรและ 10 เมตรตามลำดับ เพื่อให้ค่าของกึ่งกลางของชั้นซิกมาอยู่ที่ระดับที่ต้องการศึกษา ดังสมการที่ 2.14

3) ทำการคำนวณเพื่อประเมินสภาวะทางอุตุนิยมวิทยาในแนวดิ่งด้วยโปรแกรม INTERPF

ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม REGRID และโปรแกรม INTERPF คือ การเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาต่อไป

3.2.4 การพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาและความคงตัวของชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง MM5

1) ศึกษาการคำนวณด้วยโปรแกรม MM5

2) การเลือกปัจจัยทางกายภาพ (Physical Options) โดยกำหนดการเลือกค่าดังนี้

(1) กำหนดค่า IMPHYS=4 (Simple Ice) ทั้ง 3 โดเมน

(2) กำหนดค่า ICUPA=3 (Grell) ในโดเมนที่1 และ 2 และเท่ากับ 1 (None) ในโดเมนที่ 3

(3) กำหนดค่า IBLTYP=7 (Pleim-Xiu) ทั้ง 3 โดเมน

(4) กำหนดค่า FRAD=4 (RRTM) ทั้ง 3 โดเมน

(5) กำหนดค่า ISOIL=3 (Pleim-Xiu LSM) ทั้ง 3 โดเมน

สำหรับการเลือกใช้ค่า ISHALLO จะถูกทดสอบต่อผลของความถูกต้องในการคำนวณ

3) การพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาและความคงตัวของชั้นบรรยากาศ ทำการพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาภายใน 24 ชั่วโมง โดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

(1) การคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการประเมินด้วยโปรแกรม TERRAIN และเลือกค่า ISHALLO=0

(2) การคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการประเมินด้วยโปรแกรม TERRAIN และเลือกค่า ISHALLO=1

(3) การคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ผ่านการปรับแก้ค่าแล้วและเลือกค่า ISHALLO=0

(4) การคำนวณโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ผ่านการปรับแก้ค่าแล้วและเลือกค่า ISHALLO=1

ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม MM5 คือ ผลการพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยา และค่าความคงตัวของชั้นบรรยากาศในวันที่ทำการศึกษา ในกรณีที่แตกต่างกันไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้ข้างต้น

4) การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อเปิดอ่านผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรม MM5

3.3 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์อุตุนิยมวิทยาจากแบบจำลอง MM5 กับข้อมูลการตรวจวัด

1) เปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงระหว่างผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง MM5 ที่ระดับความสูง 3 เมตร กับข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Ultrasonic Anemometer และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์อุตุนิยมวิทยาจากแบบจำลอง MM5 ที่ระดับความสูง 10 เมตร กับข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติกรุงเทพฯ และสถานีอุตุนิยมวิทยาขนส่งดอนเมือง โดยใช้ค่า Factor of Two, Correlation Coefficient, Fraction Bias Test และมีปัจจัยในการเปรียบเทียบดังนี้

(1) อุณหภูมิ (Temperature)

(2) ความเร็วลม (Wind Speed)

(3) ทิศทางลม (Wind Direction)

2) เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ความร้อนที่ใช้ในการเผาผลาญอากาศ (Sensible Heat), ความเร็วเสียดทาน (Friction Velocity) และความคงตัวของชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Stability) ทุกๆ 1 ชั่วโมง กับข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Ultrasonic Anemometer และนำมาคำนวณตามสมการที่ 2.14, 2.12 และ 2.11 ตามลำดับ ด้วย Factor of Two, Correlation Coefficient, Fraction Bias Test

3.4 สรุปผลการเปรียบเทียบและเลือกวิธีการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง MM5

สรุปผลการเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการคำนวณด้วยแบบจำลอง MM5 ที่ให้ผลการพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาและความคงตัวบรรยากาศที่ใกล้เคียงกับข้อมูลการตรวจวัดมากที่สุด

3.5 ศึกษาประสิทธิภาพการพยากรณ์ความคงตัวบรรยากาศจากแบบจำลอง MM5 เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม GAMMA-MET

3.5.1 คำนวณความคงตัวบรรยากาศด้วยโปรแกรม GAMMA-MET โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่

1) คำนวณความคงตัวบรรยากาศโดยมีการกำหนดค่าความขรุขระพื้นผิวในเขตเมืองเป็น 1 เมตร (ค่าที่แบบจำลองแนะนำ)

2) คำนวณความคงตัวบรรยากาศโดยมีการกำหนดค่าความขรุขระพื้นผิวที่คำนวณจากสมการของ Counihan ในพื้นที่ศึกษา โดยมีขั้นตอนการศึกษาการคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิวดังนี้

(1) ศึกษาการคำนวณความขรุขระของพื้นผิว

(2) ศึกษาลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่ ความสูงและพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง โดยมีขอบเขตพื้นที่ขนาด 4*4 กิโลเมตร ในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา ได้แก่ บริเวณสถานีตรวจอากาศเฉลิมพระเกียรติกรุงเทพฯ และบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยาขนส่งดอนเมือง

(3) คำนวณความขรุขระพื้นผิวจากสมการความขรุขระพื้นผิวของ Counihan ดังสมการ (Petersen, 1997)

$$\frac{z_0}{h} = 1.08\lambda_p - 0.08 \qquad (3.1)$$

เมื่อกำหนดให้

z_0 คือ ความขรุขระพื้นผิว (m.)

h คือ ความสูงเฉลี่ยของสิ่งกีดขวางในพื้นที่ (m.)

λ_p คือ สัดส่วนระหว่างพื้นที่ของสิ่งก่อสร้างกับพื้นที่ทั้งหมดที่ศึกษา

3)เปรียบเทียบผลการคำนวณความคงตัวบรรยากาศที่ได้จากโปรแกรม GAMMA-MET จากทั้ง 2 กรณี เพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนค่าความขรุขระพื้นผิวต่อการคำนวณค่าความคงตัวบรรยากาศ

4)เปรียบเทียบผลการคำนวณความคงตัวบรรยากาศที่ได้จากโปรแกรม GAMMA-MET จากทั้ง 2 กรณีกับข้อมูลการตรวจวัดเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรม GAMMA-MET ในการคำนวณความคงตัวบรรยากาศ

3.5.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ความคงตัวบรรยากาศจากแบบจำลอง MM5 เมื่อเทียบกับโปรแกรม GAMMA-MET

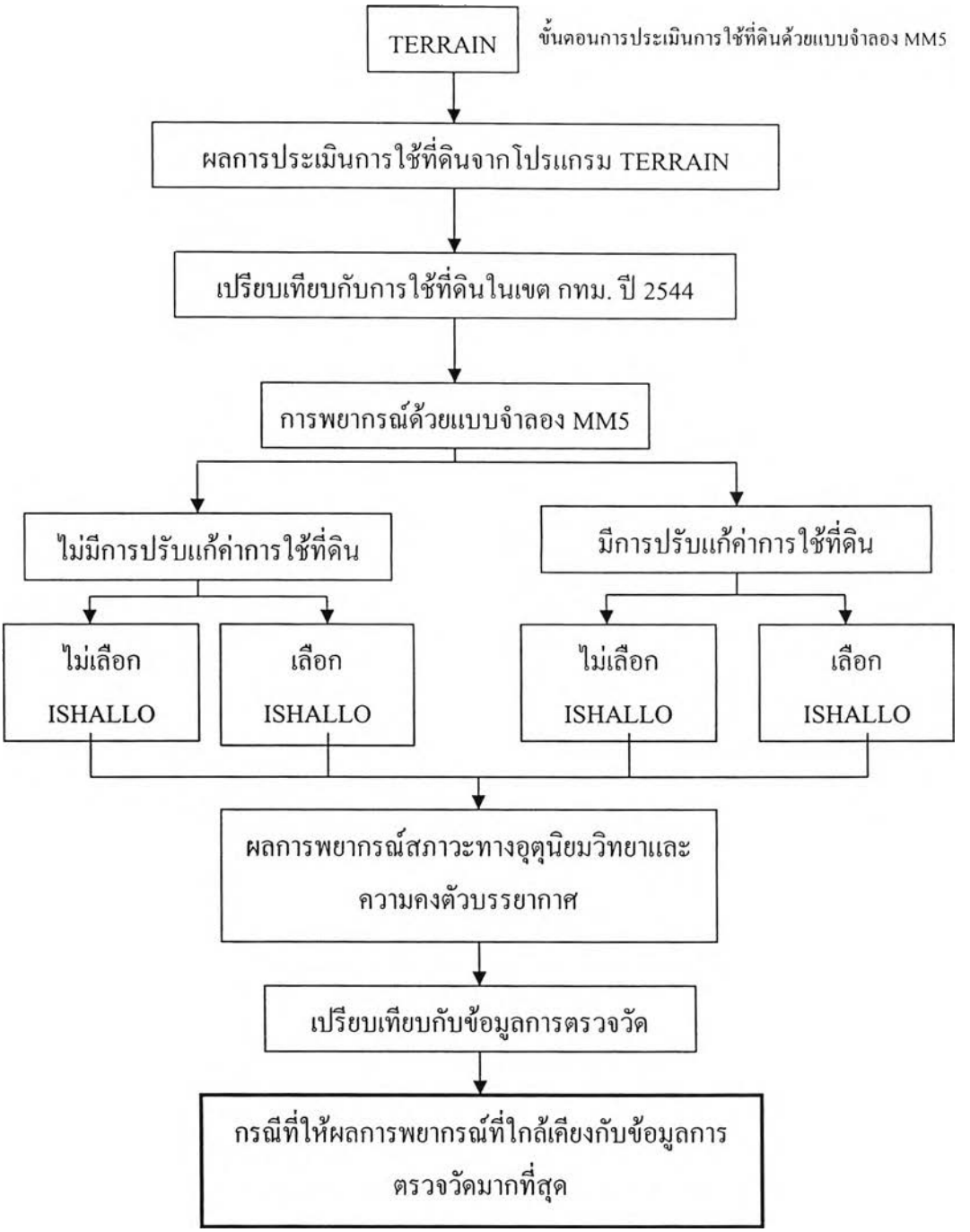
เปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรม GAMMA-MET ทั้ง 2 กรณี และผลที่ได้จากการพยากรณ์จากแบบจำลอง MM5 กับข้อมูลตรวจวัด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบบจำลอง MM5 ในการพยากรณ์สภาพความคงตัวบรรยากาศเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม GAMMA-MET

3.5.3 สรุปประสิทธิภาพของแบบจำลอง MM5 ในการพยากรณ์ความคงตัวบรรยากาศ

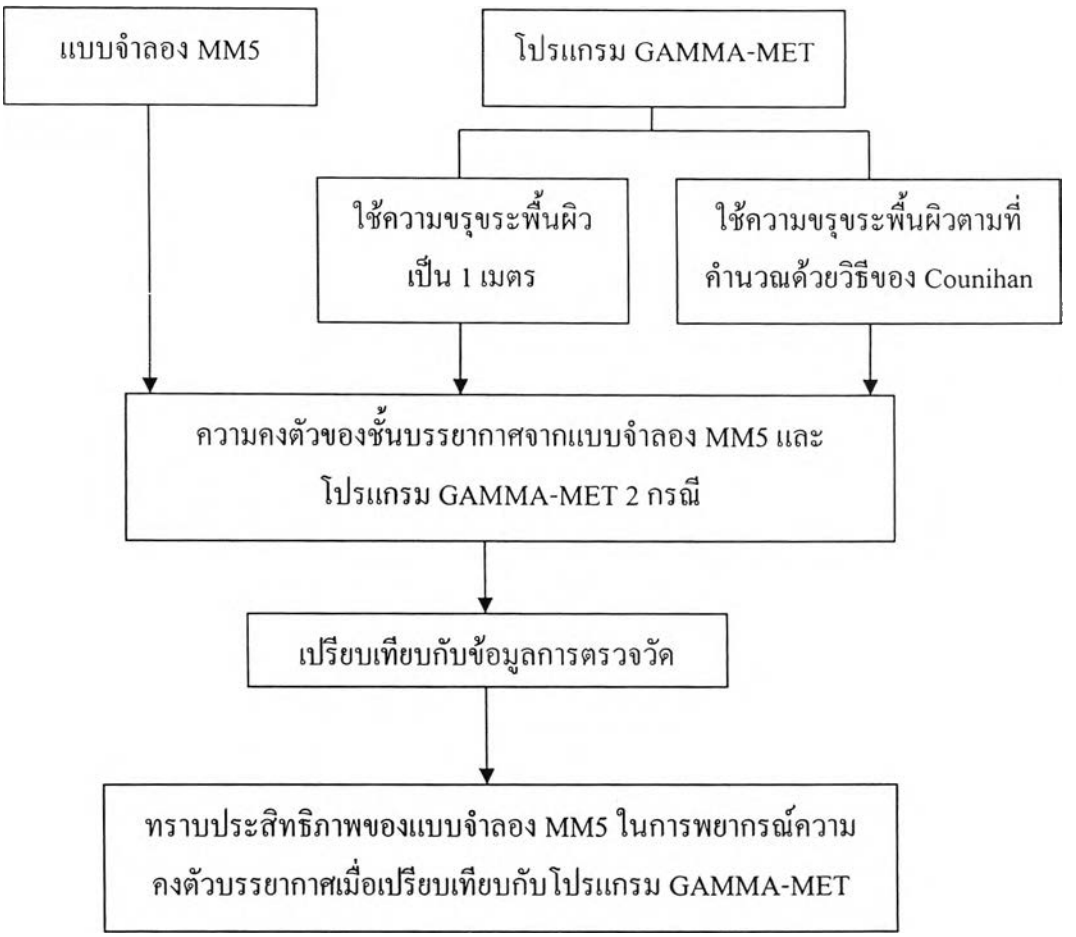
สรุปผลการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการจัดทำระบบเตือนภัยล่วงหน้าทางมลภาวะทางอากาศ

3.6 การเสนอแนวทางการจัดทำระบบเตือนภัยล่วงหน้าทางมลภาวะทางอากาศ

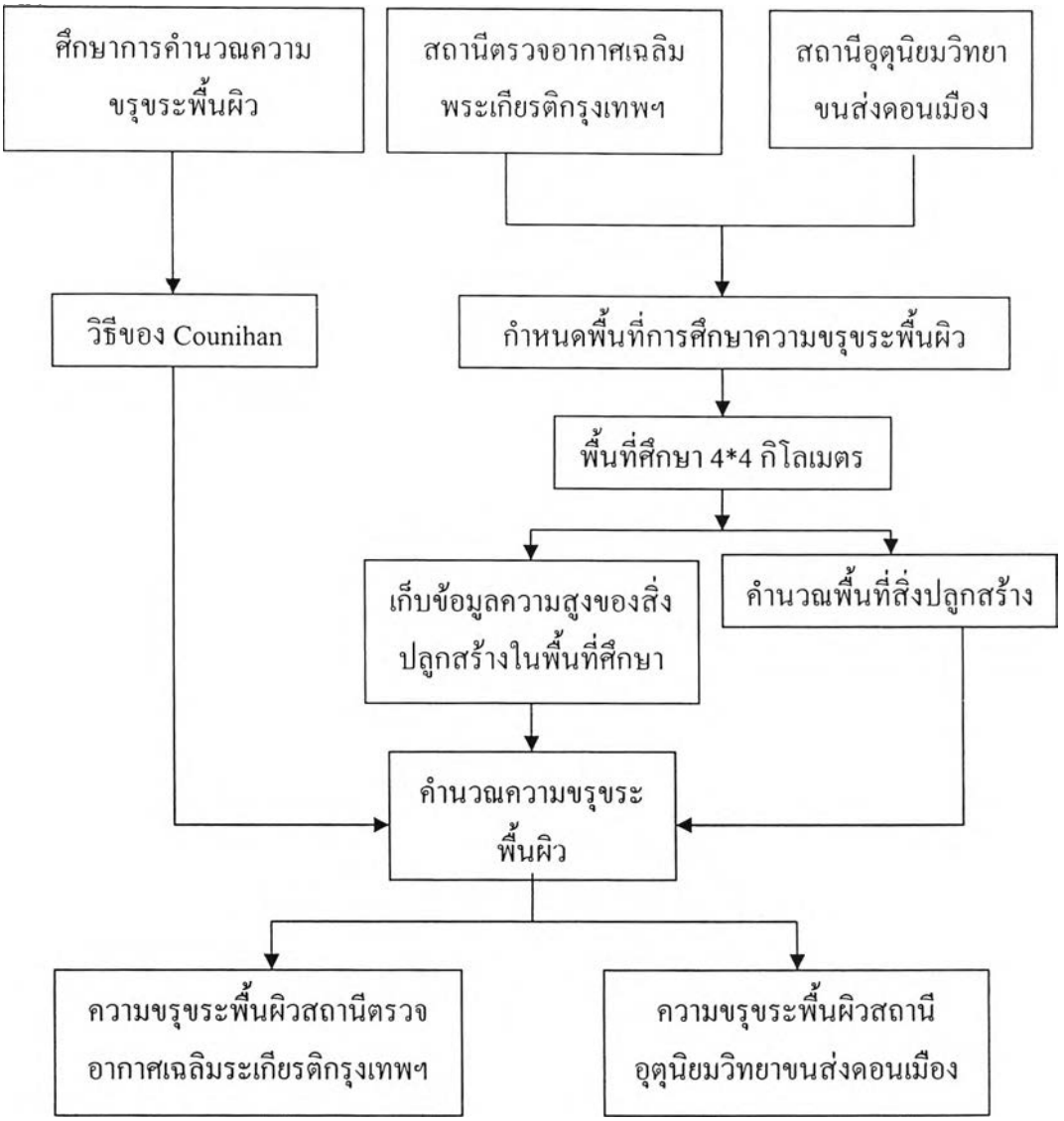
นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาประยุกต์ใช้ในการจัดทำระบบเตือนภัยล่วงหน้าทางมลภาวะทางอากาศจากการพยากรณ์อุตุนิยมวิทยา



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการหากรณีที่เหมาะสมในการพยากรณ์สภาวะทางอุตุนิยมวิทยาและความคงตัวบรรยากาศด้วยแบบจำลอง MM5



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพการพยากรณ์ความคงตัวบรรยากาศของแบบจำลอง MM5 เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม GAMMA-MET



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการคำนวณความขรุขระพื้นผิวด้วยวิธีของ Counihan