

การเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองคุณภาพอากาศในจังหวัดระยอง



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองคุณภาพอากาศในจังหวัดระยอง



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2557

PREPARATION OF METEOROLOGICAL DATA FOR AIR QUALITY MODELING
IN RAYONG PROVINCE



A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

การเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองคุณภาพอากาศในจังหวัดระยอง

โดย

นายวรุฒ ชลุดสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.นริศรา ทองบุญชู

ปริญญานิพนธ์

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ

(ดร.นริศรา ทองบุญชู)


.....กรรมการ

(รศ.ดร. อัญชสิทธิ์ วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)


.....กรรมการ

(ดร.ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรเรื่อง	การเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองคุณภาพอากาศในจังหวัดระยอง
โดย	นายวรุฒ ชลุดสกุล
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสำหรับแบบจำลองคุณภาพอากาศในพื้นที่จังหวัดระยอง โดยการใช้แบบจำลอง The Weather Research and Forecasting (WRF) ซึ่งเป็นระบบพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขระดับกลาง ทำการจำลองข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมง สำหรับแบบเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ.2555 ทำการออกแบบโดเมนแบบซ้อนกัน 3 โดเมน โดยโดเมนที่ 1 ครอบคลุมทุกประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดเมนที่ 2 ครอบคลุมประเทศไทยและบางส่วนของประเทศเพื่อนบ้าน และโดเมนที่ 3 ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดระยอง และบางส่วนของจังหวัดใกล้เคียง 1 โดยมีขนาดความละเอียดเท่ากับ $27 \times 27 \times 9 \times 9$ และ 3×3 ตร.กม. ตามลำดับ ลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ และเวลาของค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิที่ระดับ 2 เมตร ที่ได้จากการจำลองของโดเมนที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง WRF สามารถจำลองรูปแบบการกระจายของอุณหภูมิดังกล่าวได้ ลักษณะของผังลมแสดงทิศทาง และความเร็วลมที่จำลองได้ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา จ. ระยอง มีลักษณะตรงกันกับข้อมูลภูมิอากาศ กำลังของลมในกันยายนจะแรงกว่าในเดือนมกราคม โดยทิศทางของลมในเดือนมกราคม และกันยายน ส่วนใหญ่จากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้ ตามลำดับ แบบจำลองสามารถจำลองลักษณะของปริมาณฝนที่มีปริมาณ และความถี่ที่น้อยในเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้ง และปริมาณ และความถี่ที่มากในช่วงเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงหน้าฝน เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลรายสามชั่วโมงของค่าจากการตรวจวัด และแบบจำลอง โดยการใช้วิธีการทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิได้จากแบบจำลองทั้งในเดือนมกราคม และกันยายน มีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัด ส่วนความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองในเดือนมกราคม มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่ในเดือนกันยายน ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่ามากกว่าค่าจากการตรวจวัด ส่วนปริมาณน้ำฝน พบว่าข้อมูลจากทั้งสองในเดือนมกราคมความแตกต่างค่อนข้างมาก ในขณะที่เดือนกันยายนมีความใกล้เคียงกัน ผลจากการศึกษาพบว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมในการทำนายอุณหภูมิ และลม แต่ยังมีข้อบกพร่องในการทำนายปริมาณน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	PREPARATION OF METEOROLOGICAL DATA FOR AIR QUALITY MODELING IN RAYONG PROVINCE
By	Mr. Warut Kludsakul
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2014
Advisor	Dr. Narisara Thongboonchoo

ABSTRACT

The objective of this research was to prepare meteorological data for air quality modeling in Rayong province. The Weather Research and Forecasting (WRF) Model, a mesoscale numerical weather prediction system model was used for this study. The hourly meteorological data for January and September 2012 were simulated. The 3 nested domains were defined; domain 1 covers all countries in Southeast Asia; domain 2 covers Thailand and neighbor countries; domain 3 covers Rayong province and part of neighbor provinces with resolution of 27x27 9x9 and 3x3 sq. km., respectively. The monthly average spatial and temporal pattern of temperature at 2 meters of simulated results from domain 3 revealed that WRF model was capable to reproduce the temperature patterns. The wind rose pattern of simulated wind speed and direction at Meteorological station in Rayong province for January and September 2012 were also shown the consistency with climatology data. The results indicated that wind speed in September was generally stronger than that of January, and dominant wind in January and September 2015 was northeasterly and southwesterly, respectively. The model could also reproduce pattern of small amount and less frequency rainfall in January (dry season) and large amount and high frequency of rainfall in September (wet season). When using statistical analysis for comparison of 3 hourly observed and simulated data, it revealed that simulated temperatures for January and September were systemically higher than observation. Simulated wind speed in January was systematic lower than observation, while yield opposite results for September. The difference between simulated and observed precipitation were larger in January and smaller in September. As a result, the model was capable to reproduce temperature and wind but not for precipitation.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่าย ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิศวกรรมเคมี เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีตลอด อีกทั้งยังให้การอบรมสั่งสอนในเรื่องต่างๆเช่น การสอนและบอกเล่าประสบการณ์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์

ขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิศวกรรมเคมีทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ในด้านวิชาการ คำปรึกษา และช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดเวลาที่ศึกษาอยู่สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณบุพการี และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ช่วยอบรมสั่งสอน และให้การศึกษาแก่ข้าพเจ้ารวมทั้งรุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษา และกำลังใจในการเรียนและการทำงานโดยตลอด

วรุฒ ขลุตสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับและคาดหวัง	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แบบจำลองคุณภาพอากาศ	3
2.2 แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological model)	4
2.2.1 แบบจำลอง Weather Research and Forecasting model (WRF).....	5
2.3 สมการพื้นฐานทางฟิสิกส์บรรยากาศ	6
2.3.1 สมการสถานะ (Equation of state)	6
2.3.2 สมการอุทกสถิตศาสตร์ (Hydrostatic equation).....	7
2.3.3 สมการความต่อเนื่อง (Equation of continuity).....	8
2.3.4 กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (First Law of Thermodynamics)	10
2.4 ลักษณะบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระยอง.....	12
2.4.1 ข้อมูลทั่วไปของอำเภอเมือง จังหวัดระยอง	12
2.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ	12
2.4.3 ลักษณะภูมิอากาศ	12
2.4.4 ลักษณะการใช้พื้นที่ของบริเวณจังหวัดระยอง	14
2.5 ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา.....	15
2.5.1 อุณหภูมิ.....	15
2.5.2 ลม	15
2.5.3 ฝน	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้ให้มีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
3.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองและโครงสร้าง	17
3.2 เตรียมข้อมูลป้อนเข้าต่างๆ	18
3.3 การรัน WRF Pre-Processing	18
3.4 การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง	19
3.5 การจัดการผลลัพธ์และการแสดงผล	20
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล.....	21
4.1 ลักษณะทั่วไปของผลจากแบบจำลอง	21
4.1.1 อุณหภูมิ.....	21
4.1.2 ความเร็วลม และทิศทางลม	26
4.1.3 ปริมาณน้ำฝน.....	29
4.2 การประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง	30
4.2.1 การเปรียบเทียบโดยแผนภาพแบบอนุกรมเวลา	30
4.2.2 การเปรียบเทียบโดยใช้แผนภาพการกระจายของข้อมูล (scatter plot).....	34
4.2.3 การเปรียบเทียบโดยใช้ตัวชี้วัดทางด้านสถิติ	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	38
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.1.1 ลักษณะทั่วไปจากแบบจำลอง.....	38
5.1.2 การประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง.....	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก.....	43
ภาคผนวก ก รายละเอียดเกี่ยวกับรายการที่เกี่ยวข้องสถานะต่างๆ ในแบบจำลอง WRF	44
ภาคผนวก ข สถานที่ตั้งสถานีอุตุนิยมวิทยา	48
ภาคผนวก ค โครงสร้างแบบจำลอง WRF	53

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวแปรทางฟิสิกส์ และตัวแปรอื่นๆ ที่เลือกใช้ในการศึกษา	22
4.1 ค่าเกณฑ์มาตรฐานเพื่อประเมินของแบบจำลอง WRF	36
4.2 ค่าทางสถิติที่ใช้ประเมินของค่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง	36
ก.1 สภาวะทางไมโครฟิสิกส์ในแบบจำลอง WRF	45
ข.1 ค่าที่สถานีได้มีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ.....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ส่วนประกอบในการทำแบบจำลองคุณภาพอากาศ..... 3
2.2	กระบวนการในการจำลองบรรยากาศด้วยแบบจำลองWRF.....6
2.3	แรงที่กระทำต่อลําอากาศในแนวดิ่ง..... 7
2.4	การเคลื่อนที่ของของไหลผ่านปริมาตร δv ทางด้าน δy δz 8
2.5	Horizontal Divergence และ Horizontal Convergence 10
2.6	ขอบเขตพื้นที่จังหวัดระยอง 12
3.1	ระบบของแบบจำลอง WRF 18
3.2	ขั้นตอนการทำงานของ WPS (WRF Preprocessing system) 18
3.3	ขอบเขตของพื้นที่ทำการศึกษา..... 19
4.1	อุณหภูมิรายชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 มกราคม พ.ศ. 2555 22
4.2	อุณหภูมิรายชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2555 22
4.3	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิกระจายเชิงพื้นที่บริเวณที่ทำการศึกษ ณ เวลา 10:00น. 13:00น. 16:00น. 19:00น. 23:00น. และ 01:00น. เดือนมกราคมพ.ศ.2555..... 24
4.4	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิกระจายเชิงพื้นที่บริเวณที่ทำการศึกษ ณ เวลา 10:00น. 13:00น. 16:00น. 19:00น. 23:00น. และ 01:00น. เดือนกันยายนพ.ศ.2555 25
4.5	ความเร็วลมรายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 มกราคม พ.ศ.2555 26
4.6	ความเร็วลมรายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2555 27
4.7	ทิศทางลมและความเร็วลมของเดือนมกราคม พ.ศ.2555 28
4.8	ทิศทางลมและความเร็วลมของเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 28
4.9	ปริมาณน้ำฝนของเดือนมกราคม พ.ศ.2555 29
4.10	ปริมาณน้ำฝนของเดือนกันยายน พ.ศ.2555 29
4.11	การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดระหว่างค่าที่จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดใน เดือนมกราคม จังหวัดระยอง 30
4.12	การเปรียบเทียบอุณหภูมิมระหว่างค่าที่จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาใน เดือนกันยายน จังหวัดระยอง 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การเปรียบเทียบความเร็วลมระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเดือนมกราคม จังหวัดระยอง	31
4.14 การเปรียบเทียบความเร็วลมระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองค่าที่ได้จากการตรวจวัดในเดือนกันยายน จังหวัดระยอง.....	32
4.15 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดในเดือนมกราคม จังหวัดระยอง	33
4.16 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเดือนกันยายน จังหวัดระยอง.....	33
4.17 การกระจายของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดในเดือนมกราคม จังหวัดระยอง	34
4.18 การกระจายของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเดือนกันยายน จังหวัดระยอง	35
ข.1 ที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง	50
ค.1 ส่วนประกอบและขั้นตอนการทำงานของ WPS	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง มีการกระจายความเจริญและกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจไปตามจังหวัดต่างๆ จังหวัดระยอง เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการขยายตัวในส่วนของภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของประชาชน สภาพแวดล้อม เกิดปัญหาการร้องเรียนจากชุมชน เนื่องจากการแพร่กระจายของมลพิษโดยเฉพาะมลพิษทางอากาศ

การศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณการปลดปล่อย และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น ในส่วนของการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการปลดปล่อยได้ทำก่อนหน้านี้ นิรมล วิสุทธิธาดาพงศ์ [1] ได้ทำบัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมและการจราจรในพื้นที่จังหวัดระยอง และ รกัทร โตอ่อน [2] ได้ทำบัญชีการปลดปล่อยแบบ GIS ของโรงกลั่น โรงผลิตโอเลฟินส์ และโรงผลิตโมโนเมอร์ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ปริญญาณีพนธ์นี้ ดังนั้นจึงสนใจที่จะศึกษาในส่วนของลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยใช้แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาระดับปานกลาง (Mesoscale Meteorological model) เพื่อที่จะสามารถจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาให้เหมาะสมกับพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง และนำไปใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศในพื้นที่ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาแบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา ตัวแปรที่เหมาะสม และทำการจำลองลักษณะอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
2. ทดสอบสมรรถนะในการจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา โดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัด

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ใช้แบบจำลองอุตุนิยมวิทยา WRF เพื่อใช้ในการจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม และปริมาณน้ำฝนสะสม
2. ช่วงเวลาที่ศึกษา คือ เดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ. 2555

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับและคาดหวัง

1. ได้เรียนรู้วิธีการเตรียมข้อมูล การทำงาน และการเลือกตัวแปรที่เหมาะสมในการจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ทำการศึกษา
2. ได้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่พร้อมนำไปใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

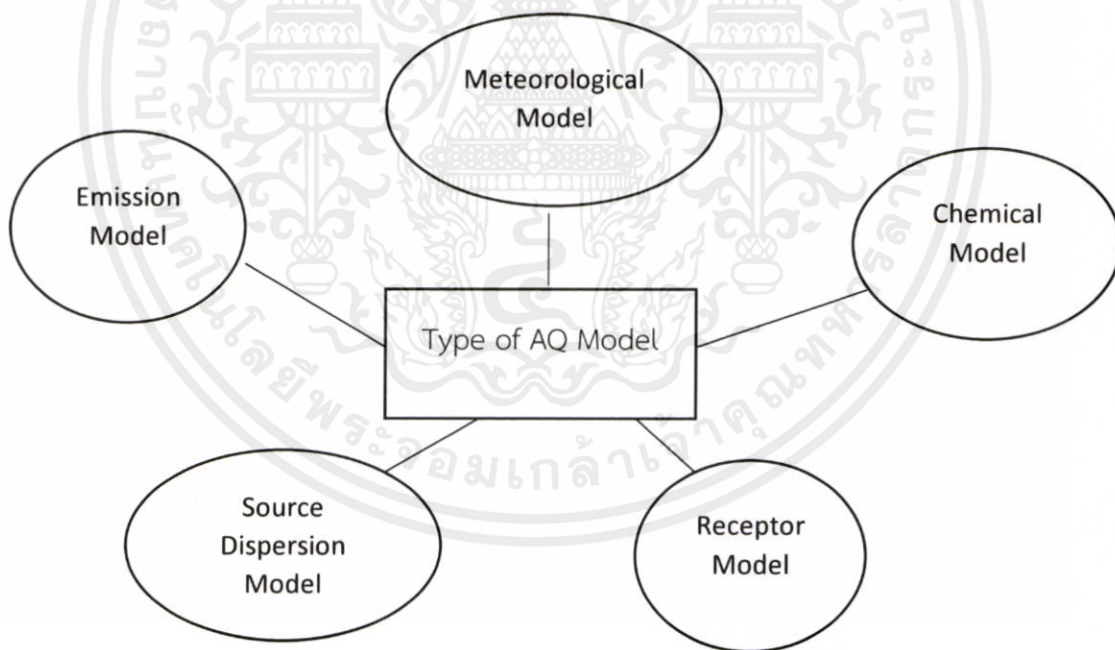
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้ และทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย แบบจำลองคุณภาพอากาศ ข้อมูลเชิงพื้นที่ของบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระยอง แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แบบจำลองคุณภาพอากาศ [2]

การจำลองการกระจายตัวของมลพิษด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ การใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical algorithms) ในการจำลองลักษณะการกระจายตัวของมลพิษ และการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชั้นบรรยากาศ เพื่อทำนายความเข้มข้นของมลพิษ ในการทำแบบจำลองคุณภาพอากาศ ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 2.1 ได้แก่ chemical model, Emission model, Meteorological model และอื่นๆ



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบในการทำแบบจำลองคุณภาพอากาศ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองการปลดปล่อย (Emission Model) ใช้ในการประเมินอัตราการปลดปล่อยในช่วงเวลาที่ศึกษา

แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Model) ใช้ในการจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ เป็นต้น

แบบจำลองทางเคมี (Chemical Model) ใช้จำลองการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอนุภาคและแก๊สที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ

แบบจำลองของการกระจายของแหล่งที่มา (Source Dispersion Model) ใช้ในประเมินความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อผู้รับจากข้อมูลการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิด

แบบจำลองจากผู้รับผลกระทบ (Receptor Model) ใช้ในการศึกษาแหล่งที่มาของแหล่งมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด

ในงานวิจัยนี้สนใจทำการศึกษาในส่วนของแบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีความสำคัญและเป็นส่วนประกอบหนึ่งในการทำแบบจำลองคุณภาพ เพื่อใช้ในการศึกษาการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศต่อไป

2.2 แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological model) [3]

แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological model) คือ แบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical model) ที่พัฒนาขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการจำลองบรรยากาศหรือพยากรณ์สภาวะของอากาศ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการและกฎทางฟิสิกส์ สามารถแสดงได้ในรูปของระบบสมการทางคณิตศาสตร์ โดยมีตัวแปรต่างๆในระบบสมการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ องค์ประกอบของบรรยากาศต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางการลม

แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับตามขนาดขอบเขตการศึกษา ได้แก่

1) แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาระดับเล็ก (Microscale) โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดของขอบเขตศึกษา ไม่เกิน 1 ตารางกิโลเมตร

2) แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาระดับกลาง (Mesoscale) ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ จำลองหรือพยากรณ์อากาศในระดับ จังหวัด ประเทศ หรือภูมิภาคได้ ซึ่งอยู่ในชั้นบรรยากาศตั้งแต่ ชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ถึงชั้นสตราโทสเฟียร์ (Stratosphere)

3) แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาระดับใหญ่ (Synoptic scale) มีขอบเขตการศึกษาในระดับทวีป ใช้การศึกษาอุตุนิยมวิทยาแผนที่อากาศ หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติขนาดใหญ่ เช่น

พายุเขตร้อน เป็นต้น ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาระดับโลก (Global scale) ใช้ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงอากาศ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในระดับโลก ซึ่งขอบเขตของเวลาการศึกษานั้นเป็นเวลานาน เพื่อให้รู้การเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลของฤดูกาลต่างๆของโลก

แบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ต่างก็มีพื้นฐานอยู่บนระบบสมการหลักชุดเดียวกันซึ่งประกอบด้วย สมการการเคลื่อนที่ (equation of motion) สมการอุทกสถิต (Hydrostatic equation) สมการอุณหพลศาสตร์ (thermodynamic equation) สมการความต่อเนื่อง(continuity equation) สมการของสถานะ (equation of motion) และสมการไอน้ำ (water vapor equation) แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องของสมมติฐานที่ใช้ เช่น สภาวะขอบเขต สภาวะเริ่มต้น และวิธีการแก้สมการต่างๆ ที่แตกต่างกัน เป็นต้น

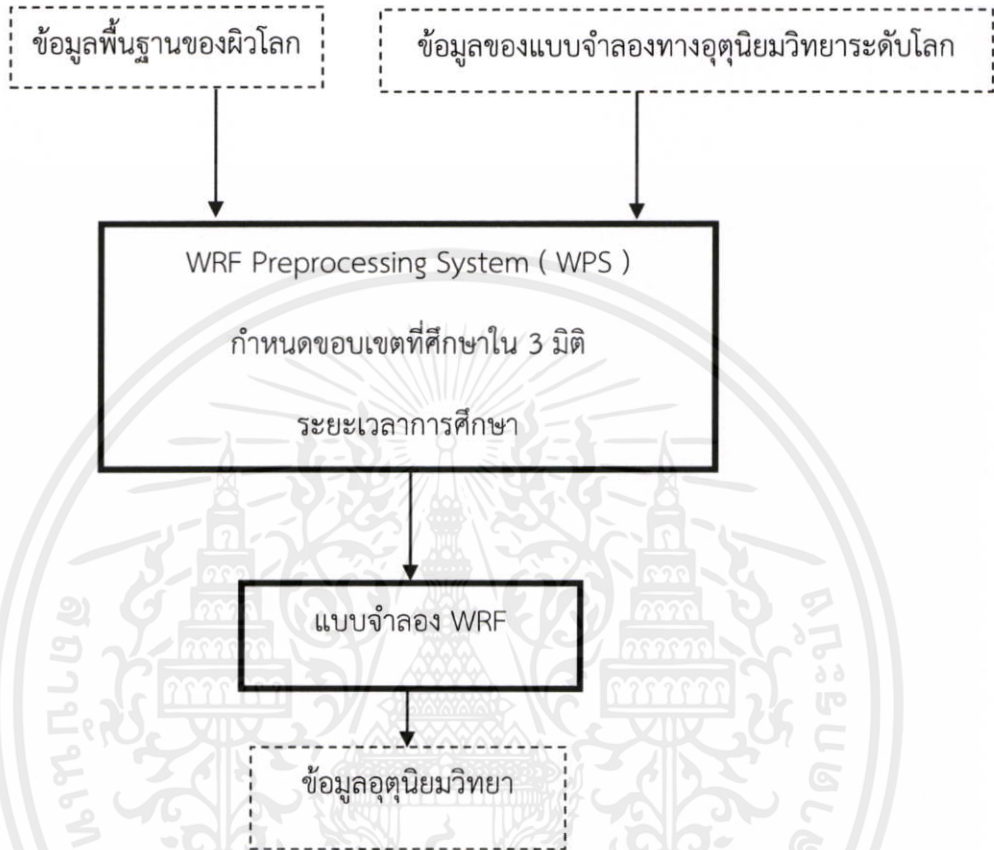
จากรูปแบบของแบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆที่มีหลากหลาย แบบจำลองระดับกลางมีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ทำการศึกษาระดับจังหวัด และประเทศที่มีพื้นที่ไม่กว้างใหญ่ มีความถูกต้องและแม่นยำในระดับที่น่าพอใจ และใช้เวลาในการคำนวณไม่นานเกินไป แบบจำลองระดับกลางที่นิยมใช้ ได้แก่ Weather Research and Forecasting model (WRF) Fifth-Generation of the Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research (PSU/NCAR) Mesoscale Model (MM5) เป็นต้น ในการศึกษาได้เลือกแบบจำลอง WRF มาใช้ในการศึกษา เนื่องจากมีความเหมาะสมและยืดหยุ่นในการใช้ศึกษาในพื้นที่ที่ต้องการความละเอียดเชิงพื้นที่ทั้งระดับสูง และปานกลางได้ ในขณะที่แบบจำลอง MM5 ถูกออกแบบไว้ให้กับกรณีความละเอียดเชิงพื้นที่ระดับปานกลาง ทำให้ความแม่นยำลดลง หากนำมาใช้ในกรณีที่ต้องการความละเอียดระดับสูง

2.2.1 แบบจำลอง Weather Research and Forecasting model (WRF) [4]

แบบจำลอง WRF เป็นแบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยาระดับกลาง (Mesoscale) ที่พัฒนาขึ้นเพื่อในงานการวิจัย และปฏิบัติงานจริงด้านการพยากรณ์อากาศ จากการร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานต่างๆเช่น National Center for Atmospheric Research(NCAR), National Centers for Environmental Prediction(NCEP) Forecast System Laboratory(FSL), Center for Analysis and Prediction of storm(CAPS) และ Air Force Weather Analysis (AFWA)

การใช้แบบจำลอง WRF จะต้องมีการกำหนดขอบเขตที่ศึกษาใน 3 มิติ โดยจะแบ่งออกเป็นกริดเล็กๆโดยขนาดของกริด จะกำหนดตามความละเอียดของพื้นที่ที่ต้องการ แบบจำลอง WRF ประกอบด้วยระบบการเตรียมข้อมูลของแบบจำลอง WRF (WRF Preprocessing System : WPS) และแบบจำลอง WRF ระบบ WPS จะใช้ในการเตรียมข้อมูลโดยจะต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษา และระยะเวลาของการศึกษา อาศัยข้อมูล 2 ส่วนคือ ข้อมูลพื้นฐานของผิวโลก และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาระดับโลก เพื่อเตรียมข้อมูลป้อนเข้าที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง WRF ส่วนการคำนวณแบบจำลอง WRF คือแบบจำลองที่ใช้จำลองหรือพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาด้วยสมการทางฟิสิกส์ต่างๆเช่น สมการของการเคลื่อนที่ (equation of motion) สมการสมดุลมวล (equation of mass

balance) สมการสมดุลโมเมนตัม (equation of momentum balance) เป็นต้น ผลลัพธ์จากแบบจำลองคือข้อมูลอุตุนิยมวิทยาต่างๆ อาทิ ความเร็วลม อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น กระบวนการในการจำลองสภาวะอากาศของแบบจำลอง WRF แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการในการจำลองบรรยากาศด้วยแบบจำลอง WRF

2.3 สมการพื้นฐานทางฟิสิกส์บรรยากาศ [6]

2.3.1 สมการสถานะ (Equation of state)

สมการสถานะใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซโดยถือว่าอากาศเป็นก๊าซในอุดมคติ (Ideal gas) เนื่องจากในบรรยากาศจะมีอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลน้อยมาก จึงใช้สมการสถานะของก๊าซอุดมคติในการคำนวณกรณีอากาศจริงดังแสดงในสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$pV = nRT \quad (2.1)$$

หรือ

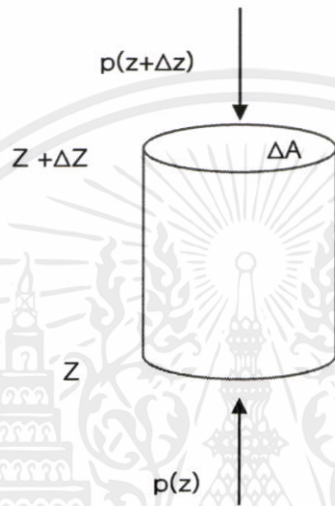
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา $p\alpha = RT$ ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ (2.2)

เมื่อ $\alpha = \frac{V}{M} = \frac{1}{\rho}$ คือ ปริมาตรจำเพาะ (specific volume)

M , V และ ρ คือ มวล ปริมาตร และความหนาแน่นของก๊าซ ตามลำดับ

2.3.2 สมการอุทกสถิตศาสตร์ (Hydrostatic equation)

ในบรรยากาศที่หยุดนิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อล่ำอากาศจะเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาล่ำของอากาศ เป็นรูปทรงกระบอกดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แรงที่กระทำต่อล่ำอากาศในแนวตั้ง [6]

โดยที่ $p = \frac{F}{A}$ และ F , A , Z คือ แรง พื้นที่ที่แรงกระทำต่อล่ำอากาศ และความสูงของล่ำอากาศตามลำดับ

จะได้ว่า

$$gp\Delta A\Delta z = p(z)\Delta A - p(z + \Delta z)\Delta A \quad (2.3)$$

ใช้ Taylor expansion โดยคิดผลแค่สองพจน์แรก ได้ว่า

$$p(z + \Delta z) \approx p(z) + \frac{dp}{dz} \Delta z \quad (2.4)$$

ดังนั้น จะได้สมการอุทกสถิตศาสตร์ คือ

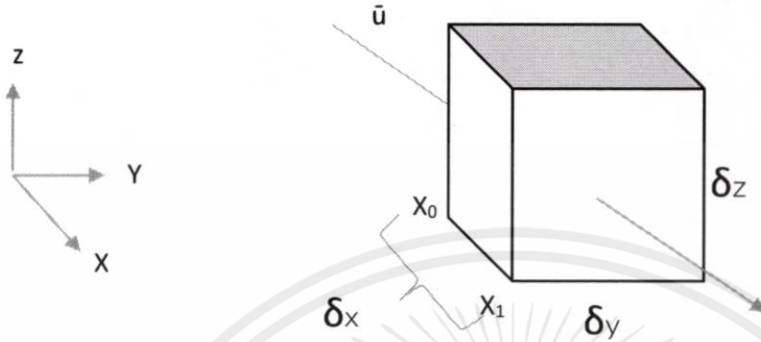
$$\left(\frac{dp}{dz}\right) = -\rho g \quad (2.5)$$

โดยปกติความกดอากาศของอากาศลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักการด้าน

อุทกศาสตร์ (hydrostatic principle) ที่เรียกว่า (gradient) ของความดันเทียบกับความสูงลดลงตามความหนาแน่นของอากาศ และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโน้มถ่วงของโลก

2.3.3 สมการความต่อเนื่อง (Equation of continuity)

สมการต่อเนื่องแสดงถึงกฎการอนุรักษ์มวล ซึ่งอธิบายว่าสำหรับมวลของของไหลที่ผ่านเข้าไปในปริมาตรหนึ่งจะเท่ากับมวลของของไหลที่เคลื่อนที่ออกมาเมื่อความหนาแน่น เปลี่ยนแปลง แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านปริมาตร δV ทางด้าน $\delta y \delta z$ แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของของไหลผ่านปริมาตร δV ทางด้าน $\delta y \delta z$ [6]

พิจารณาปริมาตรขนาดเล็กที่มีด้าน $\delta x \delta y \delta z$ ขณะเริ่มต้นมวลของของไหลในกล่องคือ

$$\delta M = \rho \delta V = \rho (\delta x \delta y \delta z) \quad (2.6)$$

พิจารณาการเคลื่อนที่ของของไหลเข้าและออกจากด้าน $\delta y \delta z$ ตามลูกศร ได้ว่า

$$\text{มวลต่อเวลาที่ไหลเข้าที่ } x_0 = \rho u \delta y \delta z \quad (2.7)$$

$$\text{มวลต่อเวลาที่ไหลออกที่ } x_1 = \left(\rho u + \frac{\partial \rho u}{\partial x} \delta x \right) \delta y \delta z \quad (2.8)$$

การเปลี่ยนแปลงของมวลจากผลต่างของมวลที่ไหลเข้ากับมวลที่ไหลออก คือ

$$\delta y \delta z \left[\rho u - \left(\rho u + \frac{\partial \rho u}{\partial x} \delta x \right) \right] = - \frac{\partial \rho u}{\partial x} \delta x \delta y \delta z \quad (2.9)$$

หากพิจารณาทั้ง 3 แกน ในช่วงเวลา dt ได้ว่า

$$\text{มวลที่สะสมในเวลา } dt \text{ มีค่าเท่ากับ } - \left(\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) \delta V dt \quad (2.10)$$

ถ้าปริมาตร δV มีค่าคงที่ มวลที่เพิ่มขึ้นในเวลา dt คือ

$$\left(\rho + \frac{\partial \rho}{\partial t} dt \right) \delta V - \rho \delta V = \frac{\partial \rho}{\partial t} \delta V dt \quad (2.11)$$

จากหลักอนุรักษ์มวล (Principle of conservation of mass) จะทำให้สมการที่ 2.10 เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สมการที่ 2.11 และสามารถจัดรูปแบบได้ตั้งสมการที่ 2.12 และ 2.13

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = - \left(\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) \quad (2.12)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad (2.13)$$

จากสมการที่ 2.13 4 พจน์แรก แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของความหนาแน่น $\frac{D\rho}{Dt}$

จะได้

$$\begin{aligned} \frac{D\rho}{Dt} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= 0 \\ \frac{1}{\rho} \frac{D\rho}{Dt} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= 0 \end{aligned} \quad (2.14)$$

โดย Partial derivative $\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial w}{\partial z}$ แสดงถึงลักษณะการพัดกระจายตัวของมวลอากาศ (mass divergence) โดยผลรวมของการพัดกระจายด้วยอัตราการใช้จะสมดุลมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลง ความหนาแน่นต่อเวลา ซึ่งสามารถจัดรูปแบบสมการที่ 2.14 ใหม่ ได้เป็นสมการที่ 2.15

$$\frac{1}{\rho} \frac{D\rho}{Dt} + \vec{\nabla} \cdot \vec{v} = 0 \quad (2.15)$$

โดยที่ $\vec{v} = u\hat{x} + v\hat{y} + w\hat{z}$ คือ ความเร็วลมในทิศทางสามมิติ

และ $\vec{\nabla} \cdot \vec{v}$ คือ Wind convergence

สำหรับการเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศนั้น อากาศเป็นของไหลที่บีบอัดไม่ได้ (Incompressible Fluid) เนื่องจากปริมาตรโดยรวมทั้งหมดไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะสามารถลดรูปสมการที่ 2.15 ได้เป็นสมการที่ 2.16

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{v} = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad (2.16)$$

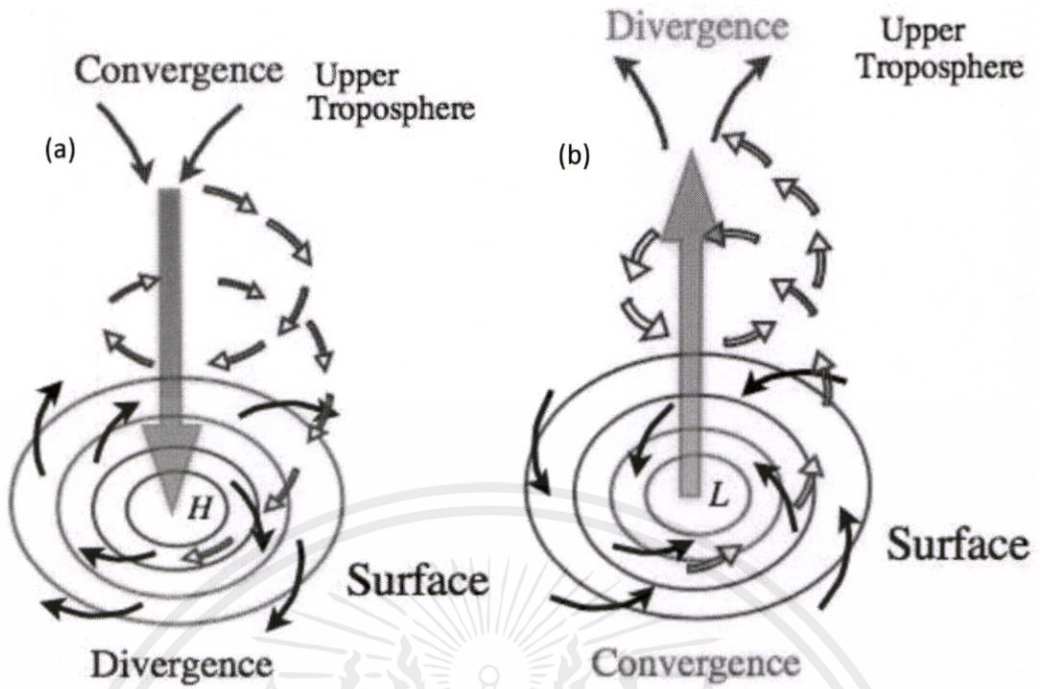
จัดรูปของสมการโดยแยกตามแนวราบและแนวตั้ง จะได้สมการที่ 2.17

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial w}{\partial z} \quad (2.17)$$

หาก

1. $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} > 0$ แสดงมีการพัดกระจายตัวออกของอากาศในแนวราบ อากาศด้านบนมีต้องมีการเคลื่อนที่ลง เกิดเป็นบริเวณความกดอากาศสูง (high pressure) ดังรูปที่ 2.5 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์สงวนไว้ให้คิดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
แนวตั้งเกิดเป็นบริเวณความกดอากาศต่ำ (low pressure) ดังรูปที่ 2.5 (ข)



รูปที่ 2.5 Horizontal Divergence (ก) และ Horizontal Convergence (ข) [7]

2.3.4 กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (First Law of Thermodynamics) [8]

กฎข้อที่ 1 ของอุณหพลศาสตร์แสดงถึงการอนุรักษ์พลังงาน โดยที่พลังงานของระบบ คือ ความสามารถของระบบที่จะทำงานได้ พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายได้ เพียงแต่เปลี่ยนรูปไปเท่านั้น พิจารณาระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะหนึ่งไปอีกลักษณะหนึ่ง โดยมีการถ่ายเทความร้อนและงานให้กับระบบ ดังแสดงในสมการที่ 2.18

$$dq = du + dw \quad (2.18)$$

เมื่อ dq คือ การถ่ายเทพลังงานความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลของก้อนอากาศ ถ้า $dq > 0$ ก้อนอากาศมีการรับพลังงานจากสิ่งแวดล้อม ถ้า $dq < 0$ ก้อนอากาศมีการสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อม

du คือ การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของก้อนอากาศ พลังงานภายในเพิ่มขึ้นเป็นบวก (+) และลดลงเป็นลบ (-)

dw คือ งานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของระบบต่อหนึ่งหน่วยมวล ถ้าก้อนอากาศกระทำงานต่อสิ่งแวดล้อม $dw > 0$ ก้อน ถ้าสิ่งแวดล้อมกระทำงานต่อก้อนอากาศ $dw < 0$

แทน $du = C_v dt$ และ $dw = p d\alpha$ ลงในสมการที่ 2.18 จะได้สมการที่ 2.19

$$dq = C_v + p d\alpha \quad (2.19)$$

โดยที่ C_v คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่

ทำการ Differentiate สมการที่ (2.2) $d(p\alpha) = d(RT)$ จะได้สมการที่ 2.20

$$pd\alpha + \alpha dp = RdT \quad (2.20)$$

นำสมการที่ (2.19) แทนในสมการที่ (2.20)

$$dq = C_p dt + RdT - \alpha dp \quad (2.21)$$

จาก $C_p - C_v = R$ จะได้สมการที่ 2.22

$$\text{ดังนั้น สมการที่ (2.21) จะได้} \quad dq = C_p dt - \alpha dp \quad (2.22)$$

เมื่อพิจารณาให้อากาศที่มีการเคลื่อนที่ขึ้น แล้วเกิดการขยายและหดตัวของปริมาตรก่อนอากาศ ด้วยการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในโดยไม่คิดผลของการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม (Adiabatic process, $dq = 0$) ดังนั้น จะสามารถจัดรูปสมการที่ 2.22 ใหม่ ได้เป็นสมการที่ 2.23

$$C_p dt = \alpha dp \quad (2.23)$$

จากสมการที่ (2.5) จะได้

$$dp = -\rho g dz \quad (2.24)$$

แทนสมการที่ (2.24) ในสมการที่ (2.22) ได้ว่า

$$C_p dt = -\alpha \rho g dz$$

$$\Gamma_a = \frac{dt}{dz} = -\frac{g}{C_p} \quad (2.25)$$

เมื่อ Γ_a เรียกว่า Dry adiabatic lapse rate คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความสูงของอากาศแห้ง แบบ adiabatic โดยมีค่าเท่ากับ $9.8 \text{ }^\circ\text{C/km}$ หรือประมาณ $10 \text{ }^\circ\text{C/km}$

ในกรณีอากาศเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงระดับที่อิ่มตัวไปด้วยไอน้ำ หรือไม่สามารถรับไอน้ำได้อีก ไอน้ำในอากาศจะมีการควบแน่น (Condense) กลายเป็นหยดน้ำ แล้วรวมตัวกันเป็นหมอกหรือเมฆ ขณะเกิดการควบแน่นจะมีการคายความร้อนแฝงออกมาสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้ก้อนอากาศลดอุณหภูมิตามความสูงน้อยกว่า Dry adiabatic lapse rate โดยมีค่าประมาณ $6.5 \text{ }^\circ\text{C/km}$ เรียกค่านี้อีกว่า moist adiabatic lapse rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ลักษณะบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระยอง

2.4.1 ข้อมูลทั่วไปของอำเภอเมือง จังหวัดระยอง [9]

ที่ตั้งของอำเภอเมือง จังหวัดระยอง ทิศเหนือติดกับ อำเภอบ้านค่าย ทิศ ตะวันออกติดกับ อำเภอแกลง ทิศตะวันตกติดกับอำเภอบ้านฉาง และทิศใต้ติดกับทะเลอ่าวไทย แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขอบเขตพื้นที่จังหวัดระยอง [9]

2.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ [9] [11]

ลักษณะทางภูมิประเทศของจังหวัดระยอง เป็นที่ราบชายฝั่งที่เกิดจากการทับถมของตะกอน บริเวณแอ่งลุ่มน้ำระยอง และที่ลาดสลับเนินเขาและภูเขา มีลักษณะเป็นลอนลูกคลื่นสูงต่ำสลับกันไป โดยมีพื้นที่ ที่เวหา 2 แนว คือ ที่เวหาชะเมาทาง ทิศตะวันออก ซึ่งสูงจากระดับน้ำทะเล 1,035 เมตร และที่เวหาที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของตัวจังหวัดเป็นแนวยาวจากอำเภอเมืองระยองขึ้นไปทางเหนือจนสุดเขตจังหวัด มีแม่น้ำสายสั้นๆ ซึ่งเกิดจากเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัด ไหลลงสู่อ่าวไทย แม่น้ำที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำบางประกง แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำระยอง เป็นต้น ลักษณะชายฝั่งทะเลมีหาดทรายสวยงามและมีเกาะใหญ่น้อยเรียงรายเลียบตามแนวชายฝั่งนับเป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ

2.4.3 ลักษณะภูมิอากาศ [10]

ลักษณะอากาศทั่วไปในบริเวณจังหวัดระยอง โดยมีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ลมทะเลพัดผ่านตลอดปี อากาศอบอุ่นไม่ร้อนจัด บริเวณ ชายฝั่งทะเลเย็นสบาย ในฤดูฝนจะมีฝนตกชุก ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมของทุกปี ดังนั้นจังหวัดระยอง มีสภาพภูมิอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1. แบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู ได้แก่ บริเวณทางด้านตะวันตกของจังหวัดระยอง จะมีฝนตกเฉลี่ย ประมาณ 1,000 -1,200 มิลลิเมตร/ปี บริเวณนี้จะมีสภาพที่มีช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งที่แตกต่างกันอย่าง ชัดเจน

2. แบบมรสุมเขตร้อน ในพื้นที่ด้านตะวันออกของจังหวัดระยอง จะมีปริมาณฝนตกมาก และมี ช่วงแห้งแล้งสั้น มีฝนตกเฉลี่ยประมาณ 1,200 -1,700 มิลลิเมตร/ปี

ฤดูกาลในจังหวัดระยอง มี 3 ฤดูกาลคือ

1. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม -เดือนตุลาคม รวมระยะ 6 เดือน โดยในเดือนพฤษภาคม ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเข้ามา ฝนก็จะตกมาก ในช่วงเดือนมิถุนายน ปริมาณฝนจะลดลงอย่างชัดเจน ยกเว้นทางด้านอำเภอแกลง และกิ่ง อ.เขาชะเมา เดือนกรกฎาคมปริมาณฝนจะมากขึ้น และมีปริมาณฝนมากที่สุด ในเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ซึ่งฝนที่ตกมากในช่วงนี้ เนื่องจากได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในอ่าวไทย และพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนตัวมาจากทะเลจีนใต้ที่ฝั่งเวียดนาม และพัดมาทางทิศตะวันตกเข้าสู่พื้นที่จังหวัดในภาคตะวันออก

2. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ รวมระยะเวลา 4 เดือน ฤดูนี้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ไม่ลดต่ำมากเหมือนภาคอื่นๆ เพราะเขตนี้อยู่ปลายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความหนาวเย็นจึงไม่ลดลงมาก นอกจากนี้ ก็ยังได้รับไออุ่นจากทะเล จึงทำให้จังหวัดระยอง ไม่หนาวเย็นมากนัก

3. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ จนถึงปลายเดือนเมษายน ระยะเวลา 2 เดือน ระยะนี้มีลมตะวันออกเฉียงใต้ และลมเฉียดจากทะเลในตอนบ่ายพัดมาร่วมกับลมตะวันออกเฉียงใต้ จึงทำให้ลมมีกำลังแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ฝั่งทะเลระยอง ในระยะเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน จึงมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในตอนบ่าย และเย็น ทำให้อุณหภูมิไม่สูง อากาศจึงไม่ร้อนมากนัก

อุณหภูมิ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่หนาวเย็น และได้รับไออุ่นจากทะเล จึงทำให้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ค่อนข้างสม่ำเสมอไม่ร้อนจนเกินไป อุณหภูมิจึงเฉลี่ยอยู่ที่ 28.1 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดระยอง เป็นเขตที่อยู่ใกล้ทะเล ตอนกลางของจังหวัด เป็นภูเขาและ ป่าไม้ จึงมีผลกระทบกับลม ฟ้า อากาศเป็นอย่างมาก คือทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงตลอดปีเฉลี่ย 77%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ลักษณะการใช้พื้นที่ของบริเวณจังหวัดระยอง [11]

2.4.4.1 เกษตรกรรม [11]

จังหวัดระยอง มีพื้นที่เกษตรกรรม 1,512,608 ไร่ จากพื้นที่ทั้งจังหวัด 2,220,000 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 68.78 ของพื้นที่ทั้งจังหวัดมีครัวเรือนเกษตรกร จำนวน 49,377 ครัวเรือนโดยมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด ได้แก่ ยางพารา มันสำปะหลัง สับปะรด อ้อย ข้าว ผลไม้ต่าง ๆ เช่นทุเรียน เงาะ และ มังคุด ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกพืชในปีการผลิต 2551/52 ลดลงเกือบทุกชนิด ยกเว้นยางพารา และมังคุด

2.4.4.2 อุตสาหกรรม [11]

จังหวัดระยองถูกกำหนดให้เป็นเขตอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี 2524 จากการที่รัฐบาลได้ผลักดันโครงการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก(Eastern Seaboard) ซึ่งเรียกว่า ยุคโชติช่วงชัชวาล จากการพบก๊าซในอ่าวไทย โดยเริ่มต้นจากการสร้างนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เป็นนิคมอุตสาหกรรมแห่งแรก เพื่อเป็นฐานการแยกก๊าซธรรมชาติและผลิตผลิตภัณฑ์เกี่ยวเนื่อง และกำหนดพื้นที่บริเวณตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีโรงงานอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ โรงแยกก๊าซธรรมชาติ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและปุ๋ยเคมี โรงไฟฟ้า เป็นต้น ส่งผลให้จังหวัดระยองกลายเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพสูงในส่วนของการลงทุนด้านอุตสาหกรรม มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วเรื่อยมาในปี พ.ศ. 2520 จังหวัดระยองมีโรงงานอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนถูกต้องเพียง 126 โรง มีเงินลงทุนรวมเพียง 817 ล้านบาท และได้เพิ่มขึ้นเป็น 350 โรงงานในปี 2531 จากการที่รัฐบาลได้พัฒนานิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดอย่างจริงจัง นับตั้งแต่นั้นมาโรงงานอุตสาหกรรมได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับการเพิ่มของนิคมอุตสาหกรรม เช่น อีสเทอร์นซีบอร์ด อมตะซิตี้ เอเชีย หรือล่าสุดคือ RIL เป็นต้น รายได้หลักของจังหวัดระยองประมาณร้อยละ 80 จึงมาจากภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีนิคมอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรมที่ร่วมดำเนินการกับเอกชน เขตประกอบการอุตสาหกรรม ชุมชนอุตสาหกรรมหรือสวนอุตสาหกรรม รวมแล้ว 19 แห่ง กระจายในพื้นที่จังหวัดระยองมากมายหลายแห่งบนเนื้อที่รวมกันกว่า 40,000 ไร่ มีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 1,771 แห่ง โดยเฉพาะนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งมีพื้นที่กว่า 10,000 ไร่ และรายล้อมไปด้วยชุมชนขนาดใหญ่ อาจจะพูดได้ว่าเป็นจังหวัดที่มีนิคมอุตสาหกรรมมากที่สุดในประเทศไทย อุตสาหกรรมของจังหวัดระยองในวันนี้มีหลากหลายมาก ทั้งการผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แปรรูปสินค้าเกษตร การผลิตไฟฟ้า การผลิตสารเคมี ซึ่งสร้างมูลค่ารวมในแต่ละปีเกือบ 1 ใน 3 ของงบประมาณรายจ่ายประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา [13]

อุตุนิยมวิทยา (Meteorology) เป็นการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ว่าด้วยบรรยากาศของโลก โดยเน้นการพยากรณ์อากาศ และกระบวนการของสภาพอากาศ ปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาเป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับสภาพอากาศที่สังเกตได้ ซึ่งให้ความกระจ่างและอธิบายได้ด้วยศาสตร์แห่งอุตุนิยมวิทยา เหตุการณ์เหล่านี้เกิดจากความแปรผันที่มีอยู่ในบรรยากาศของโลก ได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ไอน้ำ และองค์ประกอบต่างๆ และปฏิกิริยาของตัวแปรต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ กัน ประเด็นหลักของการศึกษาและการสังเกตเกี่ยวกับสภาพอากาศของโลกนั้น อยู่ที่ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ (troposphere) ในงานนี้สนใจศึกษาลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา 4 ค่า คือ อุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม และปริมาณน้ำฝน

2.5.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสสาร และปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับมวลทั้งหมดของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของพลังงานในแต่ละอะตอม ดังนั้นบรรยากาศชั้นบนของโลก (ชั้นเทอร์โมสเฟียร์) จึงมีอุณหภูมิสูง แต่มีพลังงานความร้อนน้อย เนื่องจากมีมวลอากาศอยู่อย่างเบาบาง

2.5.2 ลม [14]

ลมเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ในทางอุตุนิยมวิทยาลมมักถูกเรียกชื่อตามความแรง และทิศทางที่ลมพัดมา เช่น ลมความเร็วสูงพัดมาสั้นๆ เรียกว่า ลมกระโชก (gust) ลมตะวันออก ลมบก ลมทะเล ฯลฯ

ลมสามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท หลักคือ

1. ลมประจำปี (Prevailing Wind) เป็นลมที่พัดประจำปีมี 3 ประเภท คือ ลมสินค้า ลมฝ่ายตะวันตก และลมขั้วโลก
2. ลมประจำฤดู (Seasonal Wind) ได้แก่ มรสุมฤดูร้อน และมรสุมฤดูหนาว
3. ลมประจำเวลา (Diurnal Wind) หรือ ลมเฉื่อย (Breeze) จะพัดในช่วงเวลาหนึ่งในรอบวัน ได้แก่ ลมภูเขาและลมหุบเขา กับลมบก ลมทะเล
4. ลมประจำถิ่น (Local Wind) เกิดในท้องถิ่นใดๆโดยเฉพาะ
5. ลมแปรปรวนหรือลมพายุ (Storm) เป็นลมที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงเนื่องจากความกดอากาศที่แตกต่างกันมากจึงทำให้เกิดลมที่มีความรุนแรงมาก

2.5.3 ฝน [15]

ฝนเป็นการตกของน้ำจากฟ้าแบบหนึ่ง นอกจากฝนแล้ว น้ำยังตกในรูปหิมะ เกล็ดน้ำแข็ง ลูกเห็บ น้ำค้าง ฝนอยู่ในรูปหยดน้ำซึ่งตกมายังพื้นผิวโลกจากเมฆ ฝนบางส่วนระเหยเป็นไอก่อนตกลงถึงผิวโลก ฝนชนิดนี้เรียกว่า "virga"

ฝนที่ตกเป็นส่วนสำคัญหนึ่งของวัฏจักรของน้ำ ซึ่งน้ำจากผิวน้ำในมหาสมุทรระเหยกลายเป็นไอ ควบแน่นเป็นละอองน้ำในอากาศ ซึ่งรวมตัวกันเป็นเมฆ และในที่สุดตกเป็นฝน ไหลลงแม่น้ำ ลำคลอง ไปทะเล มหาสมุทร

ปริมาณน้ำฝนที่วัดโดยใช้มาตรวัดน้ำฝน โดยวัดความลึกของน้ำที่ตกสะสมบนพื้นผิวเรียบ สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.25 มิลลิเมตร บางครั้งใช้หน่วย ลิตรต่อตารางเมตร ($1 \text{ L/m}^2 = 1 \text{ mm}$)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุชฎี ศุขวัฒน์ และ สุกันยาณี ยะวิญญาญ [16] ได้มีการทดสอบความสามารถของแบบจำลอง WRF ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย โดยทดลองคาดการณ์ภูมิอากาศของประเทศไทยเป็นระยะเวลา 5 ปี ระหว่าง ค.ศ. 2000 - 2004 ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา และ National Centers for Environmental Prediction, USA ได้ทดสอบการกำหนดตัวแปรเสริมสำหรับเมฆพาความร้อนที่ต่างกัน 3 วิธี คือ Kain-Fritsch (KF), Bett-Miller-Janjic (BM) และ Grell-Deveny Ensemble (GR) ผลการทดลองแสดงว่าวิธี KF ให้ผลการคาดการณ์อุณหภูมิดีกว่าวิธีอื่น อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การคาดการณ์ฝนโดยแบบจำลองมีปริมาณต่ำกว่าความเป็นจริงมากในช่วงฤดูฝน สำหรับอุณหภูมินั้นแบบจำลองสามารถคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอุณหภูมิได้ แต่ค่าอุณหภูมिरายเดือนต่ำกว่าความเป็นจริง ในส่วนของอัตราเร็วลมและความกดอากาศนั้น การคาดการณ์โดยแบบจำลองมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงค่อนข้างมาก กล่าวโดยสรุปแบบจำลอง WRF รุ่นที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถใช้ในการคาดการณ์อุณหภูมิได้ แต่ยังไม่อาจใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนบริเวณประเทศไทยได้ งานวิจัยที่ควรดำเนินการต่อไปเพื่อปรับปรุงแบบจำลองนี้ได้แก่ การกำหนดขนาดของพื้นที่การคาดการณ์ (domain) และรายละเอียด (resolution) ของแบบจำลอง รวมทั้งการกำหนดตัวแปรเสริมสำหรับบรรยากาศใกล้พื้นโลก

Done, J. M. et al., 2004[17] ได้มีการใช้แบบจำลอง WRF จำลองสภาพอากาศในฤดูหนาวของสหรัฐอเมริกาตะวันตกในช่วงเวลา 6 เดือน ระหว่างเดือนตุลาคม 2533 – มีนาคม 2534 โดยใช้รายละเอียดตามแนวราบ (horizontal resolution) 30 กิโลเมตร โดยมีจุดพิกัด (grid point) จำนวน 125×150 จุด และแบ่งบรรยากาศออกเป็น 31 ระดับ และใช้ข้อมูลเริ่มต้น (initial condition) และข้อมูลขอบ (boundary condition) จาก NCEP-NCAR Reanalysis ผลการวิจัยพบว่าโดยแบบจำลองให้รูปแบบของฝนที่สอดคล้องกับความเป็นจริง แต่ให้ปริมาณฝนมากกว่าความเป็นจริง ในส่วนของอุณหภูมินั้นโดยทั่วไปแบบจำลองให้ผลที่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งในด้านรูปแบบและค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

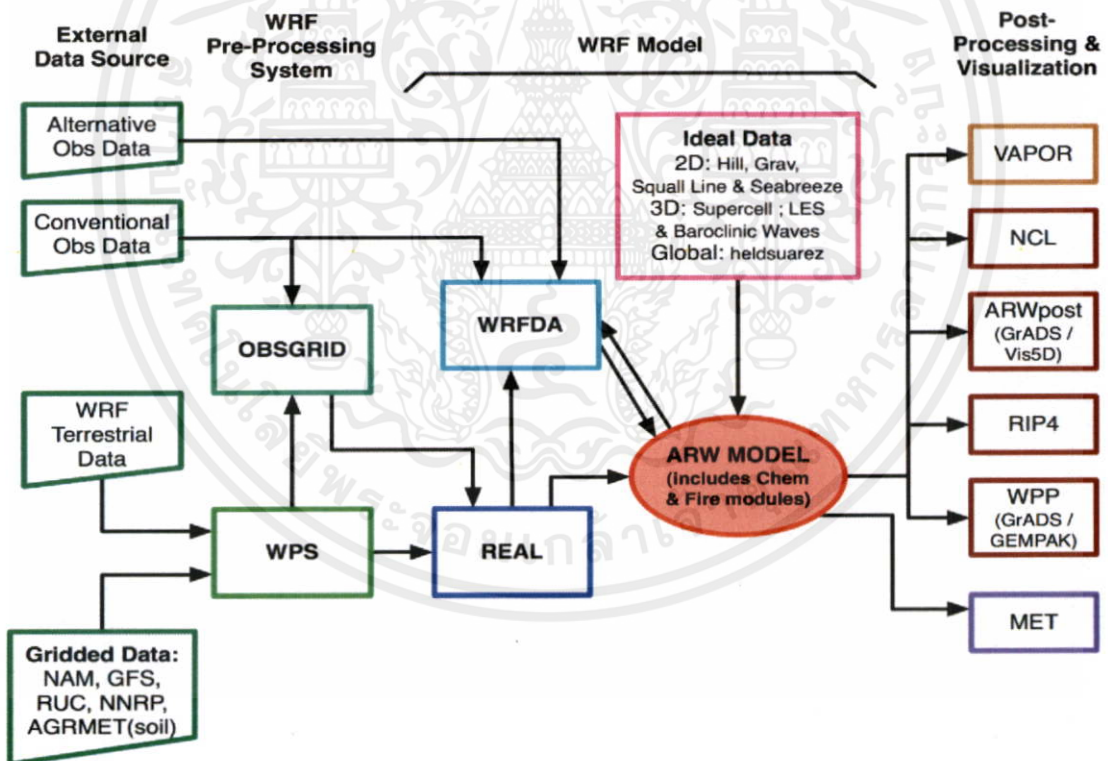
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองและโครงสร้าง

แบบจำลอง WRF จะมีระบบการทำงานของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.1 โดยมีการแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1. การนำเข้าข้อมูลจากแหล่งข้อมูล (External Data Source)
2. ระบบ WRF Pre-Processing
3. แบบจำลอง WRF Model
4. การจัดการผลลัพธ์ และการแสดงผล (Post-Processing & Visualization)



รูปที่ 3.1 ระบบของแบบจำลอง WRF [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

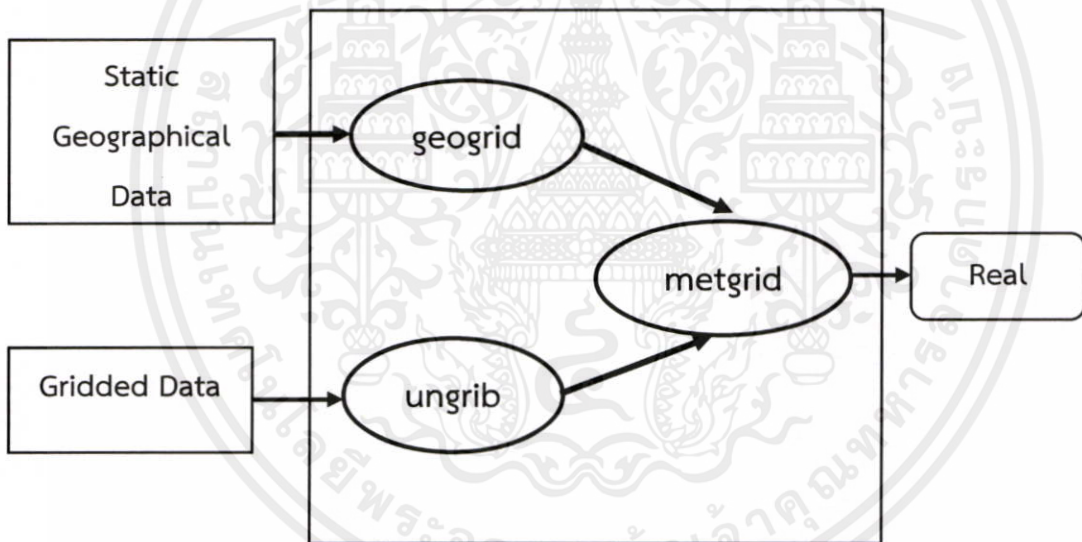
3.2 เตรียมข้อมูลป้อนเข้าต่างๆ

เตรียมข้อมูลป้อนเข้าต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลพื้นผิวโลก และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา จากแบบจำลองระดับโลกโดยข้อมูลกริดระดับโลกสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ CISL Research Data Archive ของ NCAR [19] โดยจะใช้ชุดข้อมูล ds 083.2 ซึ่งเป็นข้อมูล NCEP FNL (Final) Operational Global Analysis data ขนาดกริด 1 degree X 1 degree สำหรับทุกๆ 6 ชั่วโมง

ทำการดาวน์โหลดข้อมูลตั้งแต่วันที่ 25 ธันวาคม 2554 เวลา 00:00น. ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 0:00น. สำหรับการจำลองข้อมูลในเดือนมกราคม และวันที่ 25 สิงหาคม 2555 เวลา 0:00น. ถึงวันที่ 1 ตุลาคม 2555 เวลา 0:00น. โดยจะต้องดาวน์โหลดข้อมูลย้อนไปประมาณ 5 วัน เนื่องจากแบบจำลองต้องใช้เวลา Spin up ประมาณ 5 วัน

3.3 การรัน WRF Pre-Processing System (WPS)

ขั้นตอนการทำงานของระบบ WPS แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของ WPS (WRF Preprocessing system)

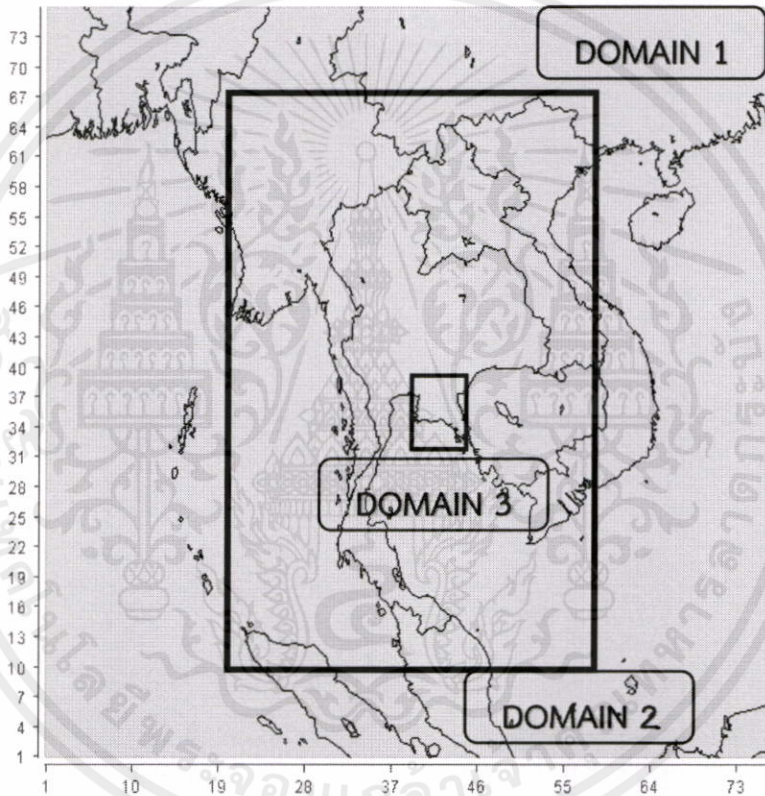
ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) รันโปรแกรม geogrid เพื่อกำหนดพื้นที่การศึกษา ประมาณค่าข้อมูลภาคพื้นดินสู่กริดของแบบจำลอง

2) รันโปรแกรม ungrib เพื่อแตกข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากแบบจำลองระดับโลกที่จัดเก็บในรูปแบบเฉพาะออกมาเพื่อไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3) รันโปรแกรม metgrid เพื่อประมาณค่าข้อมูลอุณหภูมิตามแนวระดับที่สกัดจากโปรแกรม ungirb มาสู่โดเมนของแบบจำลอง

ในงานศึกษานี้เลือกออกแบบโดเมนแบบ Nested Domain ซึ่งประกอบด้วย 3 โดเมน คือ โดเมน 1 มีขนาดความละเอียด 27x27 km มีจำนวน 5,776 กริด ครอบคลุมบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดเมน 2 มีขนาดความละเอียด 9x9 km มีจำนวน 2,736 กริด ครอบคลุมประเทศไทย และประเทศเพื่อนบ้าน และในโดเมน 3 มีขนาดความละเอียด 3x3 km มีจำนวน 1,296 กริด บริเวณที่ทำการศึกษานั้นอำเภอเมือง จังหวัดระยอง ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขอบเขตของพื้นที่ทำการศึกษา

3.4 การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง

การทำงานของโปรแกรม WRF ทำโดยใช้ระบบ Linux ซึ่งสามารถทำงานทั้งในระบบ serial และ parallel จึงทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม WRF ในรูปแบบต่างๆกับระบบ Linux Cluster ของ Fujitsu ที่ประกอบด้วย Master และ 10 Compute nodes ที่มี memory 25 GB/node CPU Intel Xeon E5645 @ 2.40 GHz(8 cores) สำหรับ Master และ CPU Intel Xeon X5675 @2.93 GHz (4 cores X 2 X 10 nodes) และ Network แบบ gigabyte ที่ติดตั้งที่ศูนย์ความ

เป็นเลิศในการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการเลือกตัวแปรทางฟิสิกส์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาจากงานวิจัยของ Chakrit Chotamonsak ที่เสนอในงานประชุม gWRF [19] ซึ่งรายละเอียดของตัวแปรที่เลือกใช้แสดงดังตารางที่ 3.1 ส่วนรายละเอียดของแต่ละตัวแปรได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรทางฟิสิกส์ และตัวแปรอื่นๆ ที่เลือกใช้ในการศึกษา

Physics Process and option	Selected option
Microphysics	WSM6
Cumulus parameterization	BMJ
Short-wave radiation	Dudhia
Long-wave radiation	RRTM
Planetary Boundary Layer	Yonsei University
Grid analysis nudging	No nudging and nudging
SST update	6 hourly update
Output	1 hourly
Map projection	Lambert

ทำการจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้แบบจำลอง WRF ในเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ. 2555 ทำการศึกษาโดยใช้ CPU เพียง 1 CPU สำหรับการจำลองในเดือนมกราคม ส่วนการศึกษาในเดือนกันยายนโดยใช้ CPU ทั้งหมด 8 CPUs พบว่าเวลาในการจำลองใช้ทั้งหมด 22 และ 20 วันตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใช้จำนวน CPU เพิ่มขึ้นถึง 8 เท่า สามารถลดเวลาในการทำงานเพียงแค่ 2 วัน

3.5 การจัดการผลลัพธ์และการแสดงผล

ใช้โปรแกรม WRF2NC [20] ในการสกัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาที่ และโปรแกรม VERDI ในการแสดงผลเชิงพื้นที่ ข้อมูลลักษณะที่ตั้ง และอื่นๆของสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงดังภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

ผลจากการจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา ในช่วงเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ.2555 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน เพื่อทดสอบสมรรถนะในการจำลองของแบบจำลอง WRF เพื่อใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายมลพิษในจังหวัดระยอง ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ลักษณะทั่วไปของผลจากแบบจำลอง และการเปรียบเทียบสมรรถนะของแบบจำลอง และข้อมูลจากการตรวจวัด

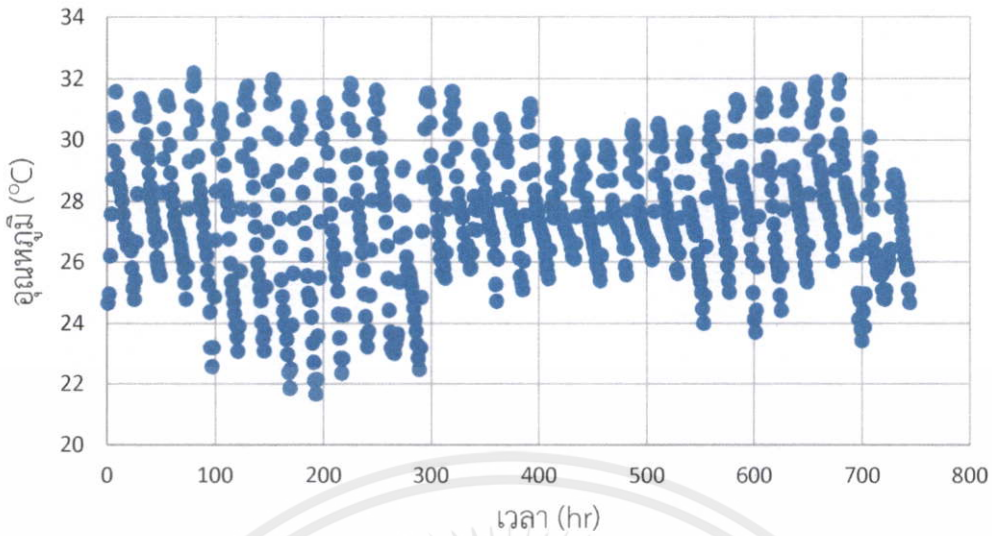
4.1 ลักษณะทั่วไปของผลจากแบบจำลอง

4.1.1 อุณหภูมิ

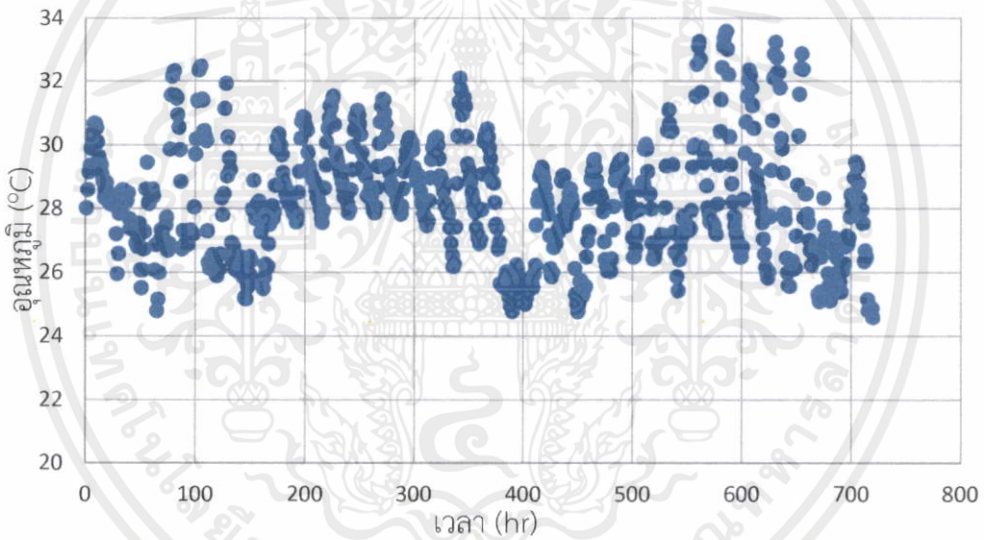
1) อุณหภูมิที่ระดับ 2 เมตร

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายชั่วโมงที่ระดับ 2 เมตร ในช่วงเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ.2555 แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของเดือนมกราคม พ.ศ.2555 อยู่ในช่วง $21.5-32.4^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิสูงสุดคือ 32.4°C ในวันที่ 4 มกราคม เวลา 14:00 น. และอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 21.5°C ในวันที่ 9 มกราคม เวลา 07:00 น. โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.6°C ส่วนเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง $24.6-33.6^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิสูงสุดคือ 33.6°C ในวันที่ 25 กันยายน เวลา 15:00 น. อุณหภูมิต่ำสุดคือ 24.6°C ในวันที่ 30 กันยายน เวลา 06:00 น. โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 28.25°C จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดของเดือนกันยายนมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนมกราคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว แต่เดือนมกราคม มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดมากกว่าเดือนกันยายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิรายชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 มกราคม พ.ศ. 2555



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิรายชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2555

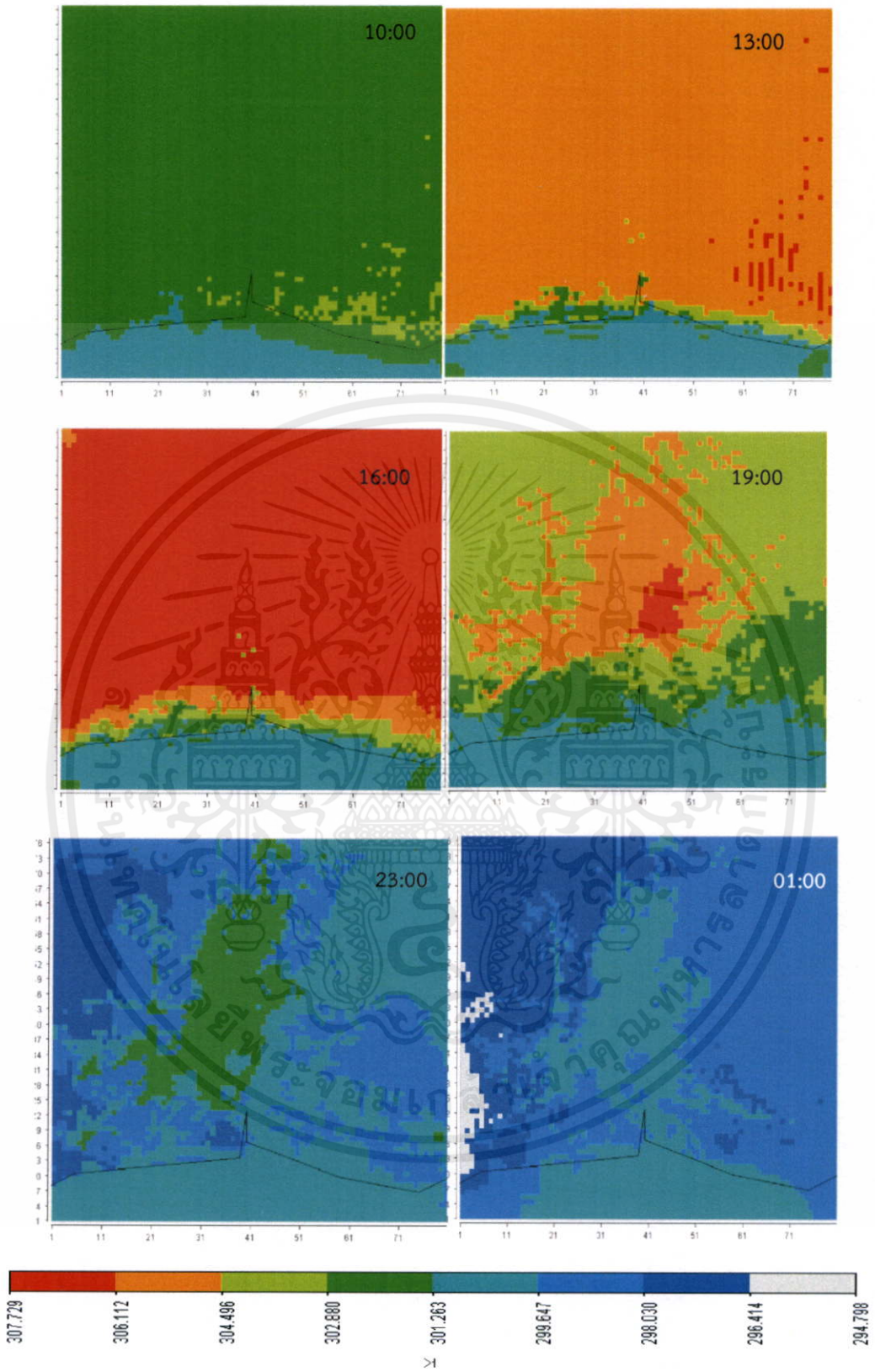
2) ลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่

ตัวอย่างลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิเฉลี่ยจากโดเมน 3 ในเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ.2555 แสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การกระจายตัวเชิงพื้นที่ในเดือนมกราคม ที่เวลา 10:00น. มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 302-303 K (29-30 °C) เมื่อเวลา 13:00น. อุณหภูมิเฉลี่ยจะสูงขึ้นประมาณ 2-3 องศาโดยอยู่ในช่วง 304-306 K (31-33 °C) โดยอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 306-307 K (33-34 °C) กระจายเป็นจุดอยู่ในทางด้านตะวันออก บริเวณชายฝั่งทะเลมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณพื้นดินโดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 301-304 K (28-31° C) ในเวลา 16:00น. จะเห็นได้ว่ามีอุณหภูมิสูงกว่าตอนเวลา 13:00น. อุณหภูมิสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 306-307 K (33-34° C) และบริเวณชายฝั่งทะเลมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณพื้นดินเช่นกัน เวลา 19:00น. มีการกระจายตัวของ

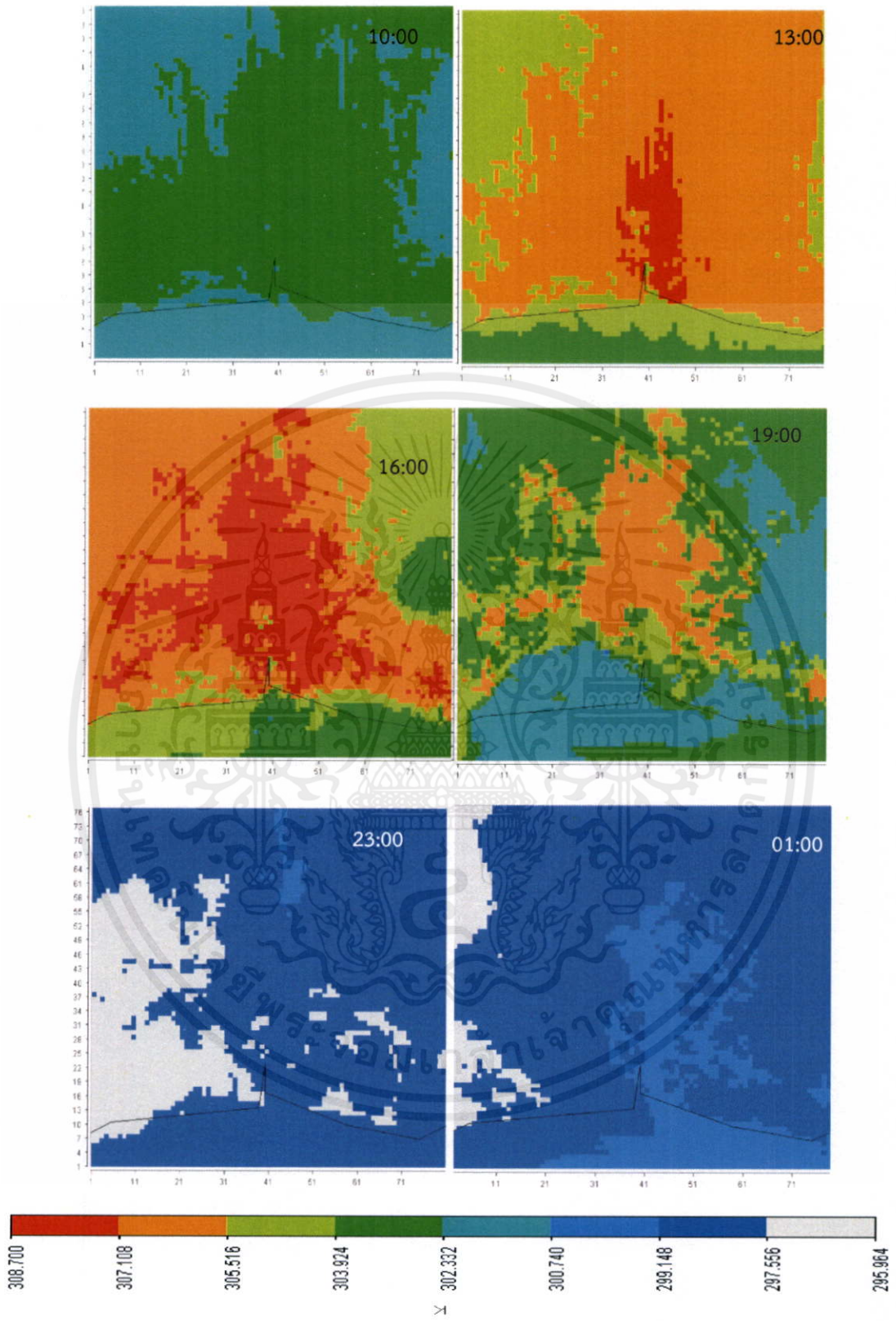
อุณหภูมิสูงสุดอยู่เฉพาะตรงกลางของพื้นที่ และอุณหภูมิที่ต่ำจะอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ในเวลา 23:00 น. อุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำลง อุณหภูมิสูงสุดยังคงอยู่ตรงกลางของพื้นที่ มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 301-302 K(28-31 °C) และในเวลา 01:00น. อุณหภูมิสูงสุดยังคงอยู่บริเวณตรงกลางเช่นกัน โดยบริเวณพื้นที่ในทิศตะวันออกมีอุณหภูมิสูงกว่าทิศตะวันตก ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณตรงกลางของพื้นที่ศึกษา มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่นในเวลากลางวัน และกลางคืน

การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของเดือนกันยายนจะมีลักษณะที่แตกต่างจากเดือนมกราคม เห็นได้เวลาที่เวลา 10:00น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 302-303 K(29-30 °C) โดยบริเวณทิศตะวันออก และทิศตะวันตก มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณตรงกลาง มีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 300-302 K(27-29 °C) ในเวลา 13:00น. อุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 307-308 K(34-35 °C) อยู่บริเวณตรงกลาง ซึ่งจะไม่เห็นชัดเจนในเดือนมกราคม ในเวลา 16:00น. จะเห็นได้ว่ามีอุณหภูมิสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 307-308 K(34-35 °C) ซึ่งอยู่บริเวณตรงกลาง กระจายเป็นพื้นที่กว้างกว่าเวลา 13:00น. และบริเวณด้านทิศตะวันตกมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ในเวลา 19:00น. มีการกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในบริเวณตรงกลาง เช่นกัน แต่อุณหภูมิเฉลี่ยลดลงเป็นอุณหภูมิ 305-307 K(32-33 °C) และอุณหภูมิที่ต่ำจะอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลและด้านทิศตะวันตกของจังหวัดระยอง ในเวลา 23:00น. อุณหภูมิพื้นที่ส่วนใหญ่มีอุณหภูมิ 297-299 K(24-26 °C) แต่ด้านทิศตะวันตกของบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระยองมีอุณหภูมิต่ำและการกระจายตัวเป็นจุดๆในด้านทิศตะวันออก ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 295-297 K(22-24 °C) และในเวลา 01:00น. อุณหภูมิสูงอยู่บริเวณตรงกลางของพื้นที่ และบริเวณพื้นที่ในทิศตะวันออกมีอุณหภูมิสูงกว่าทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.3 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิเชิงพื้นที่บริเวณที่ทำการศึกษ ณ เวลาขณะด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 10:00น. 13:00น. 16:00น. 19:00น. 23:00น. และ 01:00น. เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ไร่

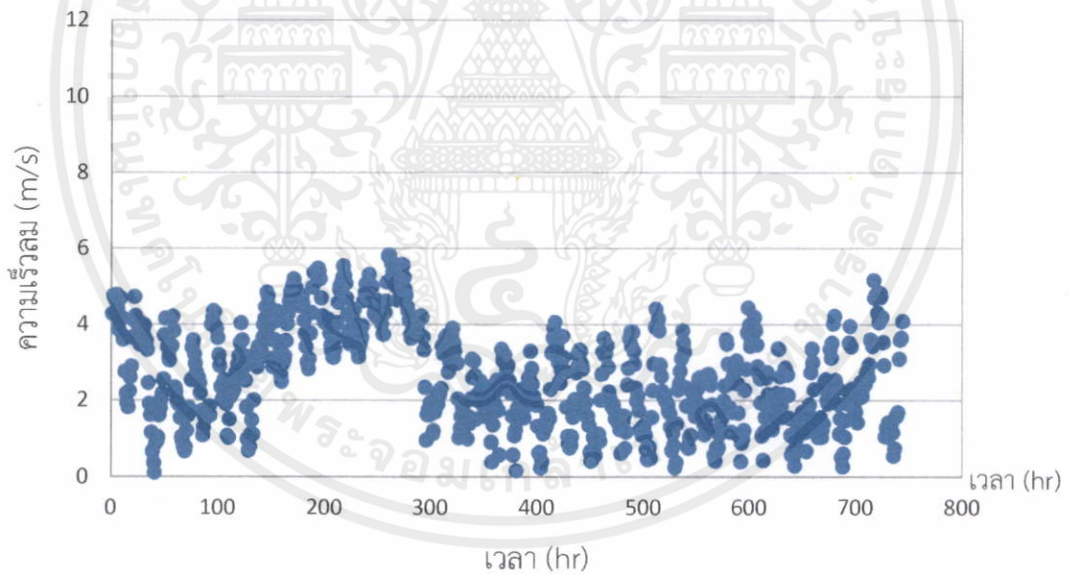


รูปที่ 4.4 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิกระจายเชิงพื้นที่บริเวณที่ทำการศึกษ ณ เวลา 10:00น 13:00น 16:00น 19:00น 23:00น และ 01:00น เดือนกันยายน พ.ศ.2555

4.1.2 ความเร็วลม และทิศทางลม

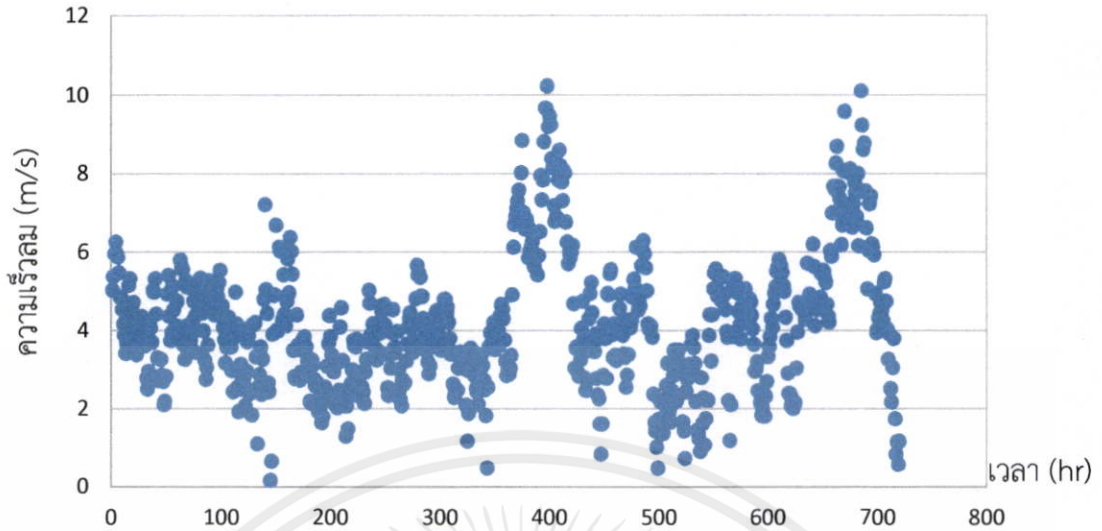
1) ความเร็วลม

ลักษณะความเร็วลมรายชั่วโมงในเดือนมกราคม และกันยายน แสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ความเร็วลมในเดือนมกราคมมีความเร็วลมในมีค่าความเร็วมีค่าใกล้เคียงและเกาะกลุ่มมากกว่าโดยความเร็วลมที่มีค่ามากที่สุด 5.82 เมตรต่อวินาที มีความเร็วลมมีค่าน้อยที่สุด 0.10 เมตรต่อวินาที และมีค่าเฉลี่ย 3.17 เมตรต่อวินาที ส่วนในเดือนกันยายน มีความเร็วในแต่ละวันที่มีความแตกต่างของความเร็วลมมากกว่าเดือนมกราคม และมีการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมโดยมีความเร็วลมสูงสุด 10.23 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมต่ำสุด 0.16 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมเฉลี่ย 4.17 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเดือนมกราคมความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความเร็วลมเท่ากับ 2-4 เมตรต่อวินาที แต่เดือนกันยายนมีความเร็วลมส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 4-6 เมตรต่อวินาที ซึ่งสูงกว่าเดือนมกราคม เนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงพัดมาจากมหาสมุทรเข้าหาชายฝั่ง จึงทำให้มีความเร็วสูงกว่าเดือนมกราคม



รูปที่ 4.5 ความเร็วลมรายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 มกราคม พ.ศ.2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



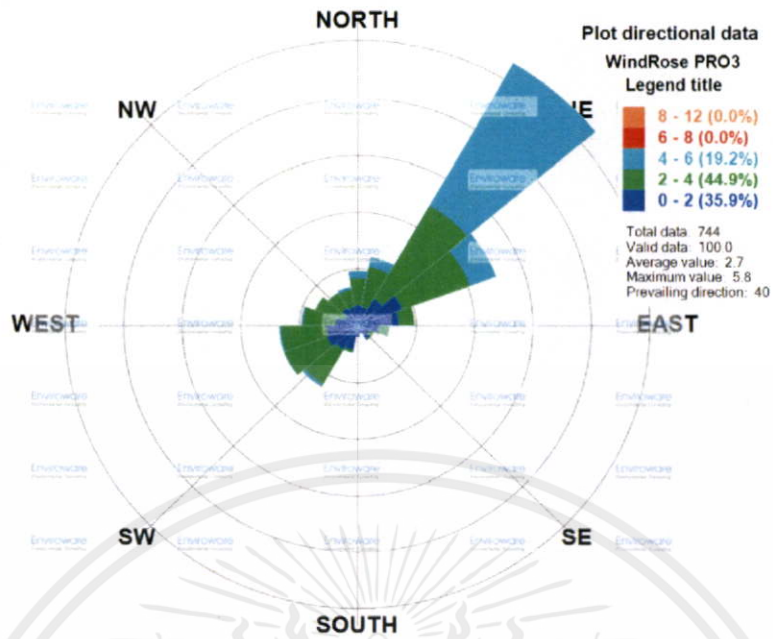
รูปที่ 4.6 ความเร็วลมรายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2555

2) ทิศทางลม

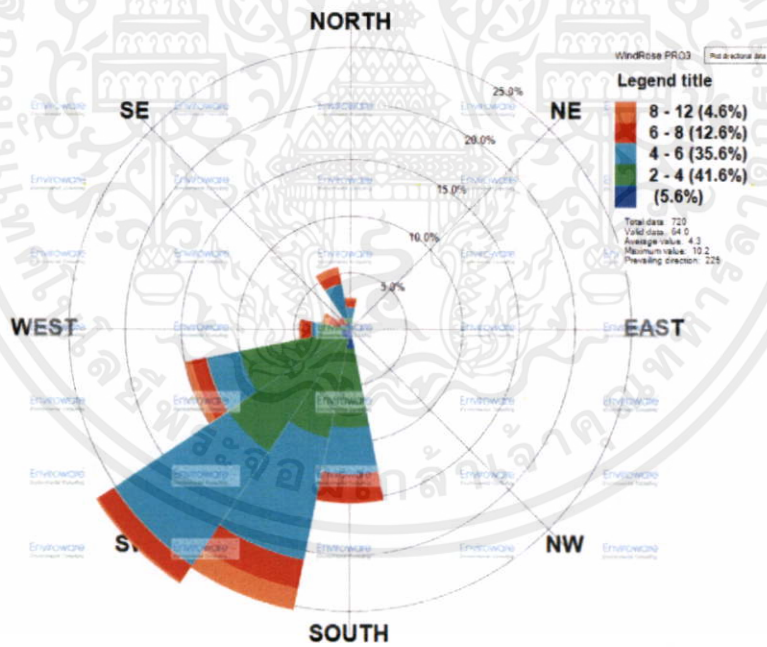
ใช้โปรแกรม WindRose PRO3 สร้างแผนภาพแสดงทิศทางลมและความเร็วลม โดยแผนภาพของเดือนมกราคม แสดงดังรูปที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นว่าความเร็วลมส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 2-4 เมตรต่อวินาที (45%) โดยไม่มีความเร็วลมที่มากกว่า 6 เมตรต่อวินาที และทิศทางลมที่พัดผ่านบริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาว่าในเดือนมกราคมเป็นช่วงฤดูหนาว บริเวณจังหวัดระยอง ได้รับอิทธิพลจากลมประจำฤดู คือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ส่วนในเดือนกันยายนทิศทางลมและความเร็วลม แสดงดังรูปที่ 4.8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลมในเดือนกันยายน มีความเร็วส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2-4 เมตรต่อวินาที (41.6%) รองลงมาคือในช่วง 4-6 เมตรต่อวินาที (35.6%) โดยมีความเร็วสูงสุด อยู่ในช่วง 8-12 เมตรต่อวินาที ส่วนทิศทางลมที่พัดผ่านในบริเวณจังหวัดระยองส่วนใหญ่มาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาว่าช่วงเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ได้รับอิทธิพลจากลมประจำฤดูคือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะพัดพาเอาความชื้นจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง ทำให้เกิดฝนตกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ทิศทางลมและความเร็วลมของเดือนมกราคม พ.ศ.2555

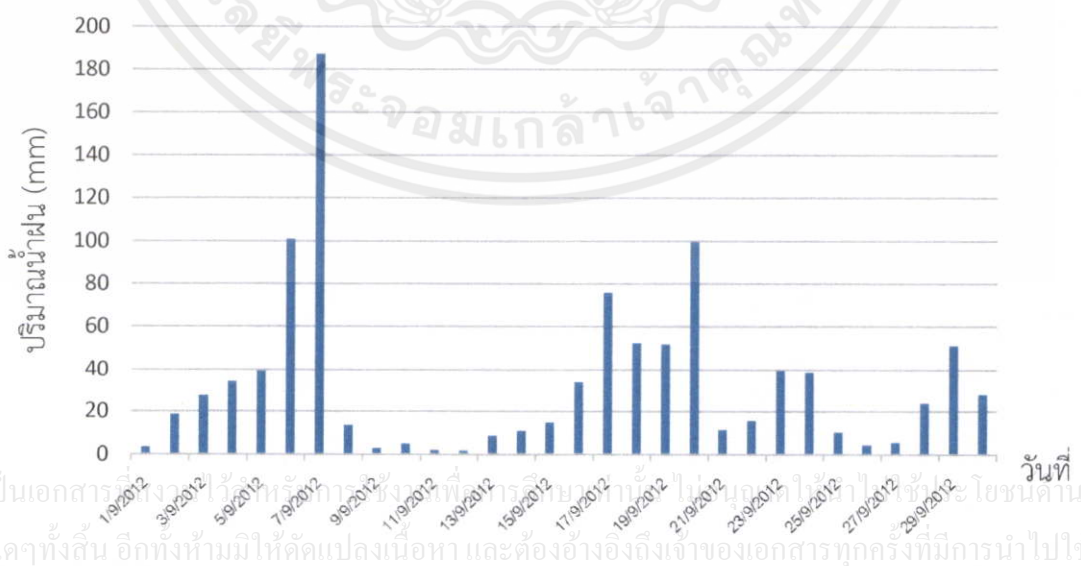
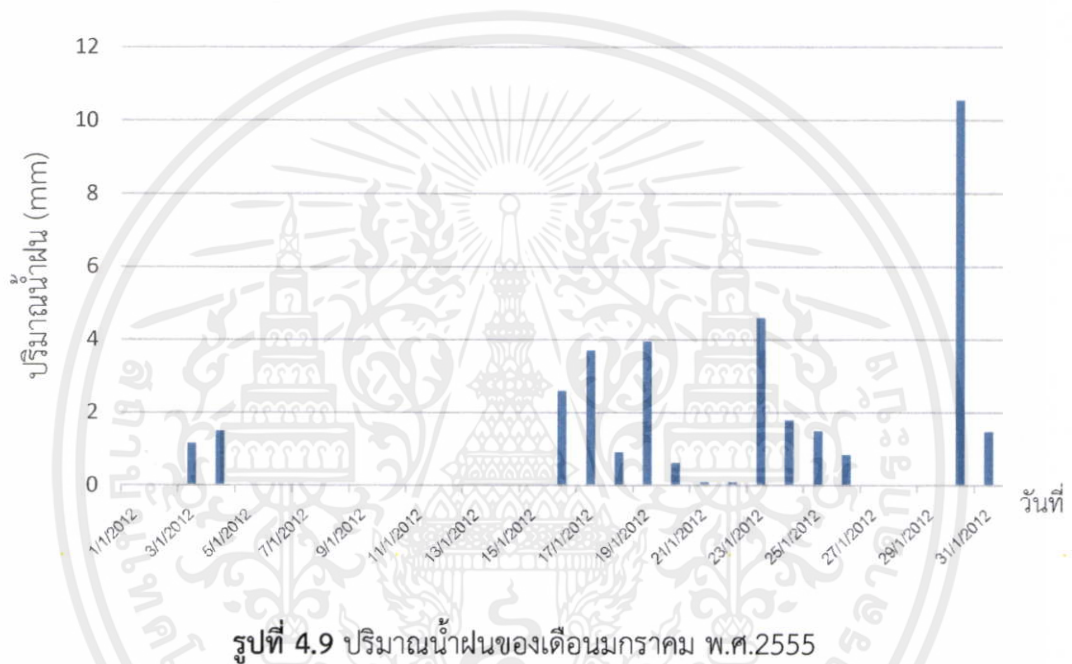


รูปที่ 4.8 ทิศทางลมและความเร็วลมของเดือนกันยายน พ.ศ. 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเป็นการบอกปริมาณน้ำฝนที่ฝนตกในบริเวณนั้นทั้งหมด และทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่และสามารถใช้ในการวางแผนเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค และใช้ในอุตสาหกรรมได้ ปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมและกันยายนที่ได้จากแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าช่วงเดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนน้อย เพราะบางวันไม่มีฝนตก หรือฝนตกเล็กน้อยโดยมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในวันที่ 30 มกราคม เท่ากับ 10.5 มม. และในเดือนกันยายนพบว่าปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในวันที่ 7 กันยายน เท่ากับ 186.8 มม. พบว่ามีฝนตกตลอดทั้งเดือน



รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำฝนของเดือนกันยายน พ.ศ.2555

4.2 การประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง

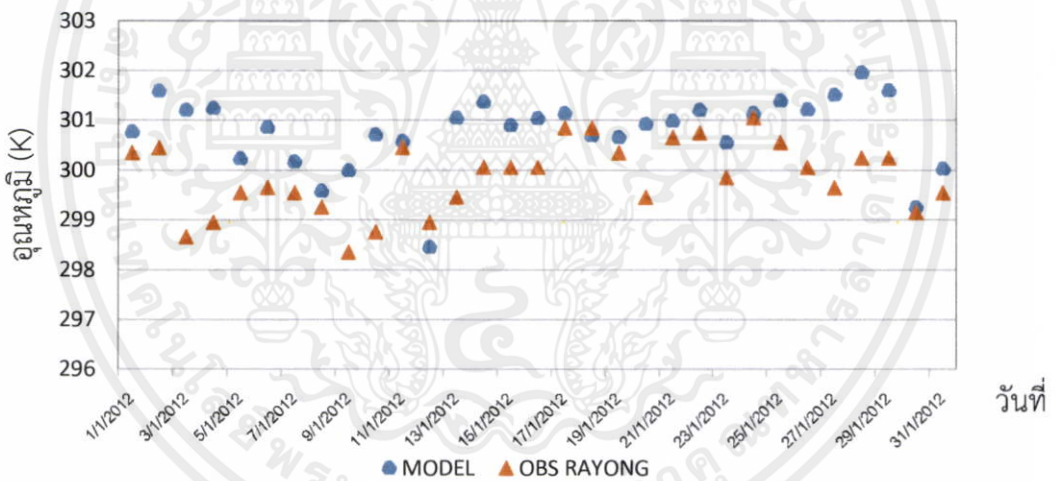
การตรวจสอบสมรรถนะของแบบจำลองในการทำนายลักษณะทางอุตุนิยมิวิทยาในจังหวัดระยอง โดยใช้แผนภาพอนุกรมเวลา(Time Series Plot) แผนภาพการกระจาย(Scatter Plot) และตัวชี้วัดทางสถิติ

4.2.1 การเปรียบเทียบโดยแผนภาพแบบอนุกรมเวลา

การเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองและข้อมูลจากการตรวจวัด ของข้อมูลลักษณะทางอุตุนิยมิวิทยาต่างๆ คือ อุณหภูมิ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน มีลักษณะดังนี้

1) อุณหภูมิ

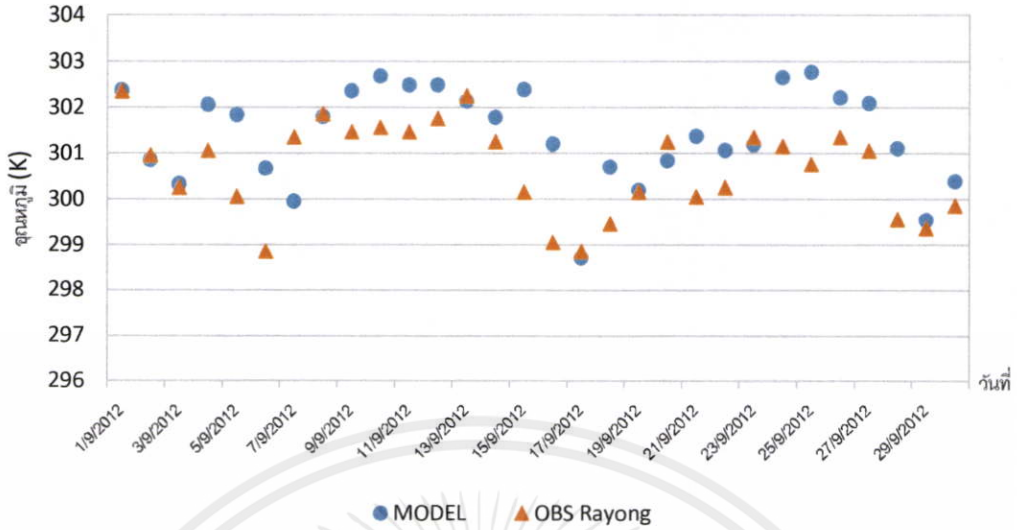
การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองและการตรวจวัดของสถานีจังหวัดระยอง ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 แสดงดังรูปที่ 4.11 ซึ่งจะพบได้ว่า ส่วนใหญ่ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัด ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินั้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดในเดือนมกราคม

ส่วนข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดในช่วงวันที่ 1-30 กันยายน พ.ศ. 2555 แสดงดังรูปที่ 4.12 จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลนั้นมีลักษณะคล้ายกัน และค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัด แต่ความแตกต่างน้อยกว่าเดือนมกราคม

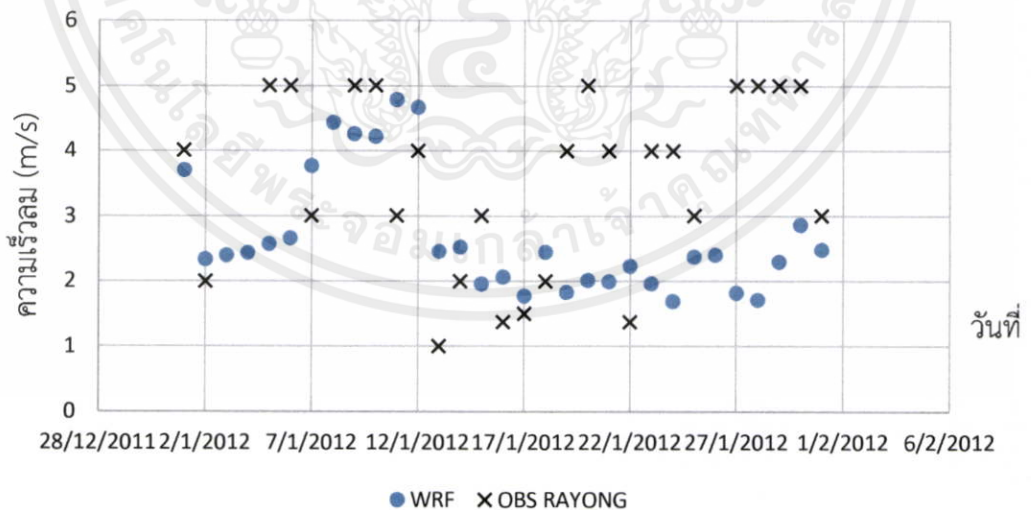
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเดือนกันยายน

2) ความเร็วลม

การเปรียบเทียบความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองและค่าจากการตรวจวัดของสถานีอุตุนิยมวิทยาทุกๆ 3 ชั่วโมง ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2555 แสดงดังรูปที่ 4.13 พบว่ามีความเร็วลมในช่วง 1-5 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบความเร็วลมระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เดือนมกราคม
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในเดือนกันยายน พ.ศ.2555 การเปรียบเทียบความเร็วลมทุกๆ 3 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 4.14 พบว่า ความเร็วลมอยู่ในช่วง 1-8 เมตรต่อวินาที แนวโน้มความเร็วลมไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าจากแบบจำลองส่วนใหญ่มากกว่าจากการตรวจวัด

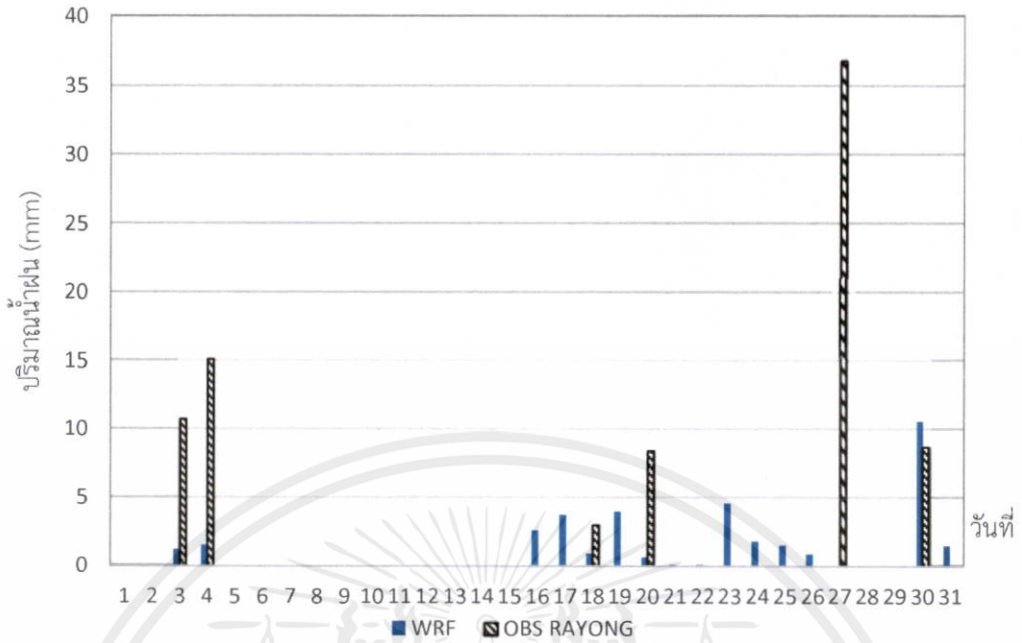


รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบความเร็วลมระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองค่าที่ได้จากการตรวจวัดในเดือนกันยายน

3) ปริมาณน้ำฝน

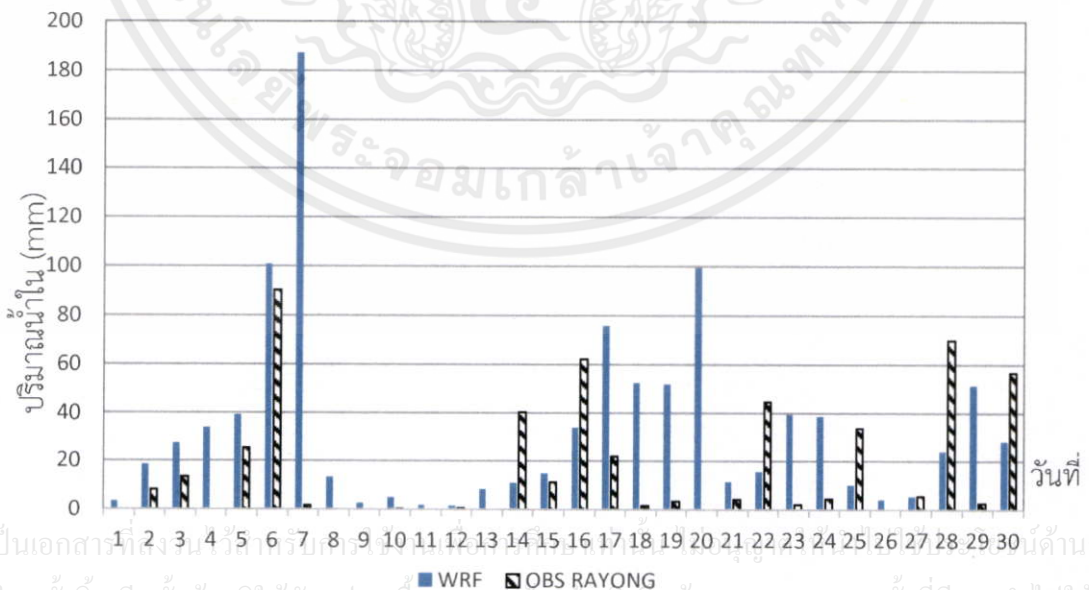
การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดและได้ทำการศึกษาในเดือนมกราคม และเดือนกันยายน แสดงดังรูปที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าในเดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันผลที่ได้จากแบบจำลองมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยแบบจำลองให้ค่าปริมาณน้ำฝน น้อยกว่าค่าจากการตรวจวัดเป็นส่วนใหญ่ แตกต่างกันมากที่สุดคือ ในวันที่ 27 มกราคม ค่าที่ได้จากการตรวจวัดมีปริมาณน้ำฝน 36.8 mm แต่ค่าจากแบบจำลองไม่มีปริมาณน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดในเดือนมกราคม

ส่วนปริมาณน้ำฝนในเดือนกันยายนจากแบบจำลองและการตรวจวัดยังคงมีความแตกต่างกัน มีทั้งวันที่ข้อมูลทั้งสองมีความใกล้เคียงกัน มากกว่า น้อยกว่า แต่โดยส่วนใหญ่ค่าที่ได้จากแบบจำลองค่าจากแบบจำลองจะมากกว่าจากการตรวจวัดจะเห็นตัวอย่างได้จาก วันที่ 7 กันยายน มีปริมาณน้ำฝน 186.8 mm ค่าที่ได้จากการตรวจวัด 1.6 mm และวันที่ 20 กันยายน ค่าได้จากแบบจำลองมีปริมาณน้ำฝน 99 mm ค่าได้จากการตรวจวัด ไม่มีปริมาณน้ำฝน



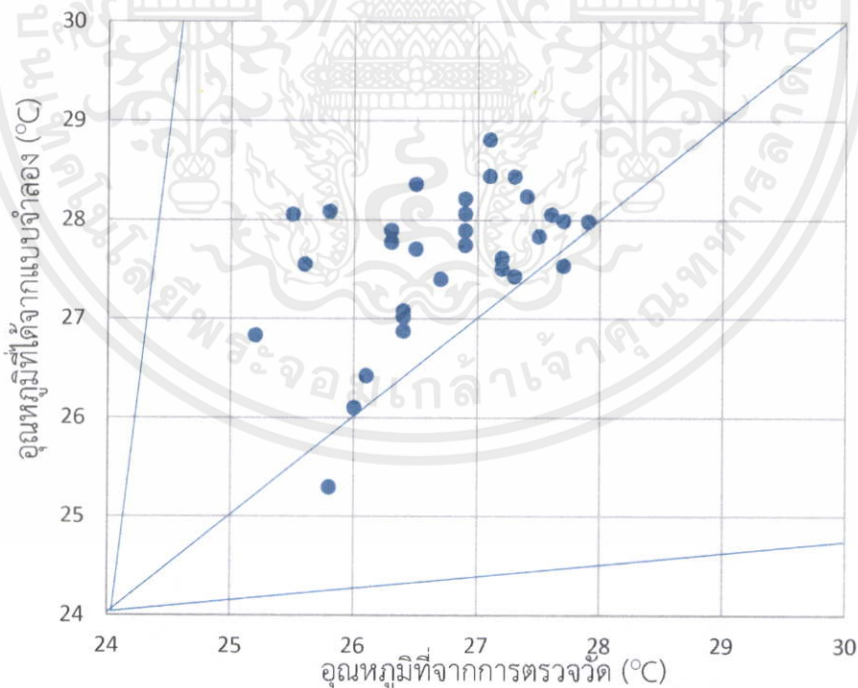
รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเดือนกันยายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเปรียบเทียบโดยใช้แผนภาพการกระจายของข้อมูล (scatter plot)

ในการตรวจสอบค่าที่ได้จากแบบจำลองว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดมากน้อยเพียงใด ทำได้โดยการสร้างแผนภาพแสดงการกระจายของข้อมูล โดยมีแกนนอนเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัด ส่วนแกนตั้งเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลอง โดยมีเส้นทแยงที่มีความชัน เท่ากับ 1 หรือเรียกว่าเส้น 1:1 ซึ่งแสดงถึงค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับค่าจากการตรวจวัด หากจุดที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุมแสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่ามากกว่าค่าจากการตรวจวัด หากจุดที่อยู่ใต้เส้นทแยงมุมแสดงว่าส่วนค่าที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าจากการตรวจวัด เส้นทแยงที่มีความชันเท่ากับ 0.5 (เส้น 1:2) ซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่า 0.5 เท่าของค่าที่ได้จากการตรวจวัด เส้นทแยงที่มีความชัน เท่ากับ 2 (เส้น 2:1) หมายถึงค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่า 2 เท่าจากค่าที่ได้จากการตรวจวัด หากข้อมูลการกระจายมีค่าอยู่ระหว่างเส้น 1:2 และเส้น 2:1 แสดงว่าผลจากแบบจำลองอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ในส่วนนี้นำเสนอแผนภาพการกระจายเฉพาะในส่วนของอุณหภูมิรายชั่วโมง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 สำหรับเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ.2555 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเดือนมกราคมการกระจายส่วนใหญ่อยู่เหนือเส้น 1:1 แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่ไม่มีข้อมูลใดที่ค่าจากแบบจำลองมากกว่าค่าจากการตรวจวัดถึงสองเท่า



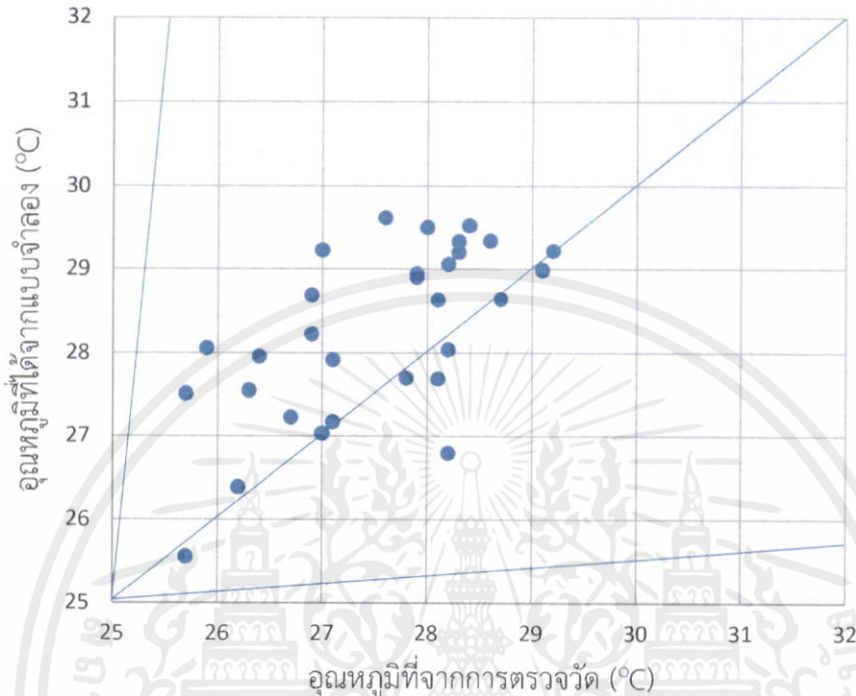
รูปที่ 4.17 การกระจายของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการตรวจวัดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ เช่นบนสื่อออนไลน์

เดือนมกราคม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเดือนกันยายนมีลักษณะการกระจายที่แตกต่างจากเดือนมกราคม โดยจะเห็นได้ว่ามีข้อมูลบางส่วนที่อยู่ใต้เส้น 1:1 แสดงว่าข้อมูลจากแบบจำลองมีทั้งสูงกว่า และต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัด มีการกระจายตัวของข้อมูลใกล้เส้น 1:1 และมีการเกาะกลุ่มมากกว่าเดือนมกราคม



รูปที่ 4.18 การกระจายของข้อมูลอุณหภูมิระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาในเดือนกันยายน

4.2.3 การเปรียบเทียบโดยใช้ตัวชี้วัดทางด้านสถิติ

ในการประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติได้แก่ Mean Bias (MB) ค่าเฉลี่ยเลขคณิตกำลังสอง (Root Mean Square Error) (RMSE) และค่า Mean Absolute Error (MAE) สามารถคำนวณได้ตามสมการ 4.1-4.3 ตามลำดับ

$$MB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i) \quad (4.1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} \quad (4.2)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |P_i - O_i| \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า O_i คือค่าที่สังเกตได้ หรือค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยา

ค่า P_i คือค่าที่ได้จากการทำนาย หรือจากแบบจำลอง

ค่า N คือจำนวนข้อมูล (ชั่วโมง)

โดยค่า MB RMSE และ MAE สำหรับการจำลองข้อมูลอุตุนิยมวิทยานั้นควรจะมีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน [20] ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเกณฑ์มาตรฐานเพื่อประเมินของแบบจำลอง WRF [21]

Variable	Statistic	Benchmark
Temperature	Mean Bias	$\leq \pm 0.5$ °C
	MAE	≤ 2 °C
Wind Speed	Mean Bias	$\leq \pm 0.5$ m/s
	RMSE	≤ 2 m/s

ผลการประเมินค่าทางสถิติ 3 ค่าคือ MB RSME และ MAE ของอุณหภูมิ และความเร็วม ในเดือนมกราคม และกันยายน พ.ศ. 2555 แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าทางสถิติที่ใช้ประเมินอุณหภูมิ และความเร็วม ของแบบจำลอง

ข้อมูล	ค่าทางสถิติ	เดือนมกราคม	เดือนกันยายน
อุณหภูมิ	MB	0.91	0.74
	MAE	0.95	0.90
ความเร็วม	MB	-0.39	1.12
	RMSE	1.96	2.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในส่วนของอุณหภูมิค่า MB ของเดือนมกราคมและกันยายนมีค่าเท่ากับ 0.91 และ 0.74 °C ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.5 °C แต่ค่า MAE ของทั้งสองเดือนมีค่าเท่ากับ 0.95 และ 0.90 °C ตามลำดับ มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ให้มีค่าไม่เกิน 2 °C แสดงว่าข้อมูลจากแบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งในเดือนมกราคมและเดือนกันยายน

ในส่วนของความเร็วมจะเห็นได้ว่าในเดือนมกราคมมีค่าทั้ง MB และ RSME อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ $\leq \pm 0.5 \text{ m/s}$ และ $\leq 2 \text{ m/s}$ ตามลำดับ ส่วนเดือนกันยายน ทั้งค่า MB และ RMSE สูงกว่ามาตรฐาน แสดงว่าความสามารถในการทำนายความเร็วมยังไม่ดีนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ลักษณะทั่วไปของผลจากแบบจำลอง และการประเมินสมรรถนะของการทำนายความเป็นไปได้ของลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

5.1.1 ลักษณะทั่วไปจากแบบจำลอง

1) อุณหภูมิ

ผลการศึกษาจำลองอุณหภูมิรายชั่วโมง ในเดือนมกราคม มีอุณหภูมิสูงสุด 32.4°C ในวันที่ 4 มกราคม ในเวลา 14:00 น. และอุณหภูมิต่ำสุด 21.5°C ในวันที่ 9 มกราคม ในเวลา 07:00 น. และอุณหภูมิเฉลี่ย 27.6°C ส่วนเดือนกันยายนมีอุณหภูมิสูงสุด 33.6°C ในวันที่ 25 กันยายน เวลา 15:00 น. และอุณหภูมิต่ำสุด 24.6°C ในวันที่ 30 กันยายน เวลา 06:00 น. และอุณหภูมิเฉลี่ย 28.25°C และการกระจายเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิ ในบริเวณตรงกลางของพื้นที่ศึกษามีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่นๆของอำเภอเมืองจังหวัดระยอง

2) ความเร็วลมและทิศทางลม

ผลการศึกษาความเร็วลมและทิศทางลม ในเดือนมกราคมนั้นความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองส่วนใหญ่มีความเร็วลม 2-4 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมมีค่ามากที่สุด 5.82 เมตรต่อวินาทีและความเร็วต่ำสุด 0.10 เมตรต่อวินาที มีทิศทางของลมพัดส่วนใหญ่มาจากทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ และในเดือนกันยายนความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองมีค่าส่วนใหญ่ในช่วง 2-6 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมสูงสุด 10.23 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมต่ำสุด 0.16 เมตร ต่อวินาที ส่วนทิศทางของลมในเดือนกันยายนส่วนใหญ่มีทิศทางจากตะวันตกเฉียงใต้

4) ปริมาณน้ำฝน

ผลการศึกษาปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมมีค่อนข้างน้อยมีช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วง โดยเดือนมกราคมจะมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในวันที่ 30 มกราคม เท่ากับ 10.5 มม. ส่วนในเดือนกันยายนมีฝนตลอดทั้งเดือนโดยปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในวันที่ 7 กันยายน เท่ากับ 186.8 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง

การตรวจสอบสมรรถนะของแบบจำลองในการทำนายลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดระยอง โดยใช้แผนภาพอนุกรมเวลา (Time Series Plot) แผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) และตัวชี้วัดทางสถิติ

1) แผนภาพอนุกรมเวลา (Time Series Plot)

โดยค่าอุณหภูมิส่วนใหญ่ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าค่าจากการตรวจวัด ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินั้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทั้งเดือนมกราคม และกันยายน ส่วนความเร็วลม ในเดือนมกราคมความเร็วลมค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด ในเดือนกันยายน ค่าที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีลักษณะแนวเดียวกันแต่ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด ส่วนปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนมีความแตกต่างค่อนข้างมาก โดยแบบจำลองให้ค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่าค่าจากการตรวจวัด แบบจำลองมีความแตกต่างกันมากในเดือนกันยายน จากแบบจำลองมีค่าปริมาณน้ำฝนมีความแตกต่างกันทั้งสองข้อมูลมีความใกล้เคียงมากกว่า และน้อยกว่า แต่ส่วนใหญ่ค่าจากแบบจำลองจะมากกว่าค่าจากการตรวจวัด

2) แผนภาพการกระจาย (Scatter Plot)

จากการดูลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล ในเดือนมกราคม และกันยายน พบว่าค่าที่ได้ ในเดือนมกราคมการกระจายส่วนใหญ่อยู่เหนือเส้น 1:1 แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด ส่วนเดือนกันยายนมีลักษณะการกระจายที่แตกต่างจากเดือนมกราคม โดยจะเห็นได้ว่ามีข้อมูลบางส่วนที่อยู่ใต้เส้น 1:1 แสดงว่าข้อมูลจากแบบจำลองมีทั้งสูงกว่าและต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัด มีการกระจายตัวของข้อมูลใกล้เส้น 1:1 และมีการเกาะกลุ่มมากกว่าเดือนมกราคม

3) ตัวชี้วัดทางสถิติ

ได้ทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ และความเร็วลมโดยในเดือนมกราคม ค่าอุณหภูมิ และความเร็วลมอยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนด และค่าความเร็วลมอยู่ในช่วงมาตรฐานในเดือนมกราคม แต่เดือนกันยายนมากกว่ามาตรฐาน

โดยสรุปพบว่าการประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง พบว่าในการทำนายลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของแบบจำลองมีความเหมาะสมกับในการทำนายอุณหภูมิ และลม แต่ยังมีข้อบกพร่องในการทำนายปริมาณน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรจะมีการทดสอบตัวแปรต่างๆที่ใช้ในแบบจำลองลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมกับบริเวณที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องและแม่นยำเมื่อมาเปรียบเทียบกับค่าที่สถานีอุตุนิยมวิทยา

2) สาเหตุอันเนื่องมาจากความซับซ้อนของแบบจำลองอุตุนิยมวิทยา ทำให้การทำนายความเป็นไปได้ของลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา และระยะเวลาในการคำนวณเวลานาน ดังนั้นควรมีการปรับปรุงระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ให้สามารถประมวลผลแบบขนาน (Parallel Computing)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิรมล วิสุทธิธาดาพงศ์. 2557.”บัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม และการจราจรในพื้นที่จังหวัดระยอง“ . วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] รภัทร โตอ่อน. 2556.”บัญชีการปลดปล่อยแบบ GIS ของโรงกลั่น โรงผลิตโอเลฟินส์ และโรงผลิตโมโนเมอร์ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] เอกสารประกอบการเรียนวิชาการบำบัดของเสียและการควบคุมมลพิษ. 2557 .มลพิษทางอากาศ (Air Pollution). สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] Wikipedia. 2015. “Meteorology”. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Meteorology>
- [5] Jeffrey E. Passner and U.S. Army Research Laboratory. 2008. **Using the advanced research version of the weather research and forecasting model (WRF-ARW) to forecast turbulence at small scales.** White Sands Missile Range, NM: Army Research Laboratory
- [6] NPTEL. “Basic Meteorology and Oceanography”. [Online]. Available: <http://nptel.ac.in/courses/119102007/2.2558>.
- [7] Hong Kong Observatory. “Meteorology Basics: Convergence and Divergence”. [Online]. Available: <http://www.weather.gov.hk/education/edu01met/wxphe/electcondiv-e.htm>
- [8] NPTEL.” Thermodynamics of the Dry Atmosphere” [Online]. Available: <http://nptel.ac.in/courses/119102007/2.2558>
- [9] เว็บไซต์การท่องเที่ยวประจำจังหวัดระยอง. 2556. “แผนที่จังหวัดระยอง”. [Online] Available:http://www.rayong.go.th/v2/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=60&Itemid=154
- [10] กรมอุตุนิยมวิทยา. “สถานีอุตุนิยมวิทยา ระยอง ” [Online]. Available: <http://www.mob.tmd.go.th/metrayong.html>. 2015
- [11] สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก. [Online]. Available: <http://www.eastosm.com>. 2558.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [12] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร [Online]. Available: <http://traffregion.otp.go.th/MIS/Default.aspx> (26/05/2558)
- [13] Wikipedia. “Meteorology”. [Online]. Available: <http://th.wikipedia.org/wiki/meteorology>
- [14] ไพรวลัย วงศ์ดี. “ลมและพายุ” [Online]. Available: <https://www.gotoknow.org/posts/438668> .2558
- [15] Wikipedia.”ฝน”[Online]. Available: <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9D%E0%B8%99>. 2015
- [16] นายดุขฎิ ศุขวัฒน์ และนางสาวสุกัญยาณี ยะวิญญาญ. 2552 . “โครงการการทดสอบและปรับปรุงแบบจำลอง Weather Research and Forecasting (WRF) ในการคาดหมายการเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ ในประเทศไทย”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [17] Done, J. M., Leung, L. R., Davis, C. A. and Kuo, B. 2004. **Reginal Climate Simulation Using the WRF Model**. The 5th WRF / 14th MM5 Users' Workshop NCAR, June 22-25, 2004
- [18] WRF Model Users’s Page [Online]. Available: <http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/model.html> .2015
- [19] CISL Research Data Archive [Online]. Available: <http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>
- [20] Chakrit Chotamonsak. 2013 . “The Application of WRF model to regional climate change study over Thailand”. Department of Geography, Faculty of Social Sciences Chiang Mai University, Thailand.
- [21] David Brown. 2012. “WRF Meteorological Modeling in Support of SIP Regional Air Quality Modeling for Base Year 2007”.Lowa Department of Natural Resources
- [22] WRF Model Physics Options and References [Online]. Available: http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/wrfv3.5/phys_references.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
รายละเอียดเกี่ยวกับรายการที่เกี่ยวสภาวะต่างๆ ในแบบจำลอง WRF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ตัวแปรไมโครฟิสิกส์ในแบบจำลอง WRF [22]

Kessler Scheme	option 1	Kessler, E., 1969: On the distribution and continuity of water substance in atmospheric circulations. <i>Meteor. Monogr.</i> , 32, Amer. Meteor. Soc.
Lin et al. Scheme	option 2	Lin, Yuh-Lang, Richard D. Farley, and Harold D. Orville, 1983: Bulk Parameterization of the Snow Field in a Cloud Model. <i>J. Climate Appl. Met.</i> , 22, 1065–1092.
WRF Single-moment 3-class and 5-class Schemes	options 3 & 4	Hong, Song-You, Jimy Dudhia, and Shu-Hua Chen, 2004: A revised approach to ice microphysical processes for the bulk parameterization of clouds and precipitation. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 132, 103–120.
Eta (Ferrier) Scheme	option 5	NOAA, cited 2001: National Oceanic and Atmospheric Administration Changes to the NCEP Meso Eta Analysis and Forecast System: Increase in resolution, new cloud microphysics, modified precipitation assimilation, modified 3DVAR analysis. [Available online at http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/mmbpl/eta12tpb/ .]
WRF Single-moment 6-class Scheme	option 6	Hong, S.-Y., and J.-O. J. Lim, 2006: The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). <i>J. Korean Meteor. Soc.</i> , 42, 129–151.
Goddard Scheme	option 7	Tao, Wei-Kuo, Joanne Simpson, Michael McCumber, 1989: An Ice-Water Saturation Adjustment. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 117, 231–235.

ตารางที่ ก.1 ตัวแปรไมโครฟิสิกส์ในแบบจำลอง WRF (ต่อ) [22]

Thompson Scheme	option 8	Thompson, Gregory, Paul R. Field, Roy M. Rasmussen, William D. Hall, 2008: Explicit Forecasts of Winter Precipitation Using an Improved Bulk Microphysics Scheme. Part II: Implementation of a New Snow Parameterization. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 136 , 5095–5115.
Milbrandt–Yau Double Moment Scheme	option 9	Milbrandt, J. A., and M. K. Yau, 2005: A multimoment bulk microphysics parameterization. Part I: Analysis of the role of the spectral shape parameter. <i>J. Atmos. Sci.</i> , 62 , 3051–3064. Milbrandt, J. A., and M. K. Yau, 2005: A multimoment bulk microphysics parameterization. Part II: A proposed three–moment closure and scheme description. <i>J. Atmos. Sci.</i> , 62 , 3065–3081.
Morrison 2–moment Scheme	option 10	Morrison, H., G. Thompson, V. Tatarskii, 2009: Impact of Cloud Microphysics on the Development of Trailing Stratiform Precipitation in a Simulated Squall Line: Comparison of One– and Two–Moment Schemes. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 137 , 991–1007.
CAM V5.1 2–moment 5–class Scheme	option 11	Eaton, Brian. "User's Guide to the Community Atmosphere Model CAM-5.1." NCAR. URL http://www.cesm.ucar.edu/models/cesm1.0/cam (2011).
Stony–Brook University Scheme	option 13	Lin, Yanluan, and Brian A. Colle, 2011: A new bulk microphysical scheme that includes riming intensity and temperature–dependent ice characteristics. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 139 , 1013–1035.

ตารางที่ ก.1 ตัวแปรไมโครฟิสิกส์ในแบบจำลอง WRF (ต่อ) [22]

WRF Double Moment 5-class and 6-class Schemes	options 14 & 16	Lim, K.-S. S., and S.-Y. Hong, 2010: Development of an effective double-moment cloud microphysics scheme with prognostic cloud condensation nuclei (CCN) for weather and climate models. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 138 , 1587–1612.
NSSL 2-moment Scheme and 2-moment Scheme with CCN Prediction	options 17 & 18	Mansell, E. R., C. L. Ziegler, and E. C. Bruning, 2010: Simulated electrification of a small thunderstorm with two-moment bulk microphysics. <i>J. Atmos. Sci.</i> , 67 , 171–194.
NSSL 1-moment 7-class Scheme	option 19	This is a single-moment version of the NSSL 2-moment scheme (see above). No paper is available yet for this scheme.
NSSL 1-moment 6-class Scheme	option 21	Gilmore, Matthew S., Jerry M. Straka, and Erik N. Rasmussen, 2004: Precipitation uncertainty due to variations in precipitation particle parameters within a simple microphysics scheme. <i>Mon. Wea. Rev.</i> , 132 , 2610–2627.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง (RAYONG METEOROLOGICAL STATION) [8]

1. รายละเอียดของสถานี

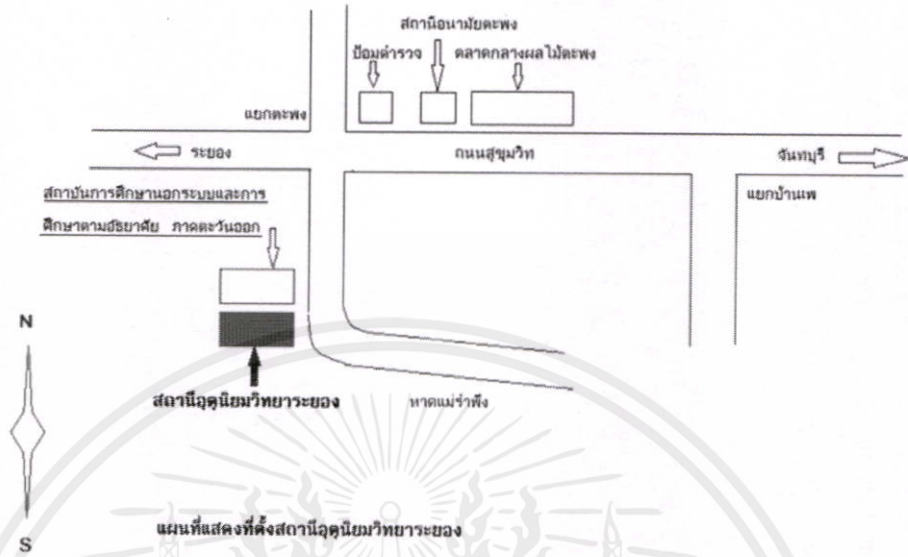
- 1.1 ชื่อ ภาษาไทย: สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง
- 1.2 ชื่อ ภาษาอังกฤษ: RAYONG METEOROLOGICAL STATION
- 1.3 ชื่อเดิม: สถานีตรวจอากาศระยอง
- 1.4 เลขประจำสถานี (WMO): 48478
- 1.5 เลขประจำสถานีสถานีฝน (Local Rain Station): 478201
- 1.6 ประเภทสถานี: ตรวจอากาศผิวพื้น (Surface)
- 1.7 เริ่มทำการตรวจอากาศครั้งแรก: วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2523

2. ที่ตั้งของสถานี (Location)

- 2.1 ที่อยู่ เลขที่ 67/6 หมู่ที่ 9 ตำบลตะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21000
- 2.2 หมายเลขโทรศัพท์ 038 - 655075
- 2.3 E-Mail s48478@metnet.tmd.go.th
- 2.4 เว็บไซต์ (<http://www.mob.tmd.go.th/metrayong.html>)
- 2.5 เนื้อที่ 8 ไร่ 77 ตารางวา
- 2.6 พิกัดสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ละติจูด $12^{\circ} 37' 55.9''$ องศาเหนือ
ลองจิจูด $101^{\circ} 20' 37.4''$ องศาตะวันออก
- 2.7 ความสูงของสถานีอุตุนิยมวิทยาระยองจากระดับน้ำทะเล 2.60 เมตร
- 2.8 ระยะอ้างอิง
 - ติดต่อกับจังหวัดชลบุรี จันทบุรี และชายฝั่งทะเลอ่าวไทย มีความยาว 100 กิโลเมตร
 - อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยทางหลวงหมายเลข 3 เป็นระยะทาง 179 กิโลเมตร
 - ชายฝั่งทะเลเว้าแห่งติดอ่าวไทย ยาวประมาณ 100 กิโลเมตร
 - คลองสาธารณะ ห่างชายทะเลประมาณ 150 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ผังที่ตั้งสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง



รูปที่ ข.1 ที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง

3. สภาพภูมิประเทศแวดล้อมสถานี (Environment)

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสลับที่ดอนเป็นลูกคลื่น พื้นที่ทางด้านเหนือและด้านตะวันออกเป็นที่ราบสลับภูเขาลาดต่ำลงสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ ซึ่งมีชายฝั่งทะเลเว้าแหว่งติดอ่าวไทย ยาวประมาณ 100 กิโลเมตร มีแม่น้ำสำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำระยอง ความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่อำเภอปลวกแดง อำเภอบ้านค่าย อำเภอเมือง โดยไหลลงสู่ทะเลที่ ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองระยอง และแม่น้ำประแสร์ ความยาวประมาณ 26 กม. โดยมีต้นกำเนิดจากทิวเขาในจังหวัดจันทบุรี ไหลผ่านท้องที่ต่าง ๆ ในอำเภอแกลง กิ่ง อ.เขาชะเมา และลงสู่ทะเล ที่ตำบลปากน้ำประแสร์

3.1 อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ สถาบันพัฒนาการศึกษาระยองและการศึกษาระยองภาคตะวันออก
 ทิศใต้ คลองสาธารณะ ห่างชายทะเลประมาณ 150 เมตร
 ทิศตะวันออก ถนนเลียบริมหาดแม่รำพึง
 ทิศตะวันตก คลองสาธารณะ

3.2 สภาพภูมิประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารราชการ
 อยู่ชานเมืองใกล้ชายทะเล จังหวัดระยอง ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย ระหว่าง
 เส้นรุ้งที่ 12-13 องศาเหนือ และเส้นแวง ที่ 101-102 องศาตะวันออก มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัด
 ชลบุรี จันทบุรี และชายฝั่งทะเลอ่าวไทย มีความยาว 100 กิโลเมตร อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดย
 ทางหลวงหมายเลข 3 เป็นระยะทาง 179 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 3,552 ตารางกิโลเมตร หรือ

2,220,000 ไร่ หรือร้อยละ 9.79 ของ เนื้อที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ ทิศเหนือ ติด อำเภอนองใหญ่ และอำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี ทิศตะวันออก ติดอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ทิศใต้ ติดชายทะเลอ่าวไทย ทิศตะวันตก ติดอำเภอสัตหีบ และอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

4.การตรวจอากาศ

สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ทำการตรวจอากาศผิวพื้นทุกวัน วันละ 8 เวลา ทุก 3 ชั่วโมง โดย จะทำการตรวจอากาศเวลา 01.00 04.00 07.00 10.00 13.00 16.00 19.00 และ 22.00 น. และทำ การตรวจอากาศตามคำสั่งของกรมอุตุนิยมวิทยาในกรณีพิเศษ

ตารางที่ ข.1 ค่าที่สถานีได้มีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

สารประกอบ อุตุนิยมวิทยา	เวลา							
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00
ความกดอากาศ	/	/	/	/	/	/	/	/
อุณหภูมิตุ้มแห้ง	/	/	/	/	/	/	/	/
อุณหภูมิตุ้มเปียก	/	/	/	/	/	/	/	/
ความชื้นสัมพัทธ์	/	/	/	/	/	/	/	/
ลมผิวพื้น(ทิศทาง, กำลังลม)	/	/	/	/	/	/	/	/
ทัศนวิสัย(กม.)	/	/	/	/	/	/	/	/
ฝน(หยาดน้ำฝน)	/	/	/	/	/	/	/	/
ตรวจเมฆ	/	/	/	/	/	/	/	/
ตรวจทัศนวิสัย	/	/	/	/	/	/	/	/
ปรากฏการณ์ ธรรมชาติ	/	/	/	/	/	/	/	/

5 ลักษณะอากาศทั่วไป

มีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนลมทะเลพัดผ่านตลอดปี อากาศอบอุ่นไม่ร้อนจัด

บริเวณ ชายฝั่งทะเลเย็นสบาย ในฤดูฝนจะมีฝนตกชุก ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมของทุกปี ด้านการค้า

ไม่ว่าการ จังหวัดระยอง มีสภาพภูมิอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู ได้แก่ บริเวณทางด้านตะวันตกของจังหวัดระยอง จะมีฝนตกเฉลี่ย ประมาณ 1,000 -1,200 มิลลิเมตร/ปี บริเวณนี้จะมีสภาพที่มีช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งที่แตกต่างกันอย่าง ชัดเจน

2. แบบมรสุมเขตร้อน ในพื้นที่ด้านตะวันออกของจังหวัดระยอง จะมีปริมาณฝนตกมาก และมี ช่วงแห้งแล้งสั้น มีฝนตกเฉลี่ยประมาณ 1,200 -1,700 มิลลิเมตร/ปี

ฤดูกาลในจังหวัดระยอง มีฤดูกาล

1. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม -เดือนตุลาคม รวมระยะ 6 เดือน โดยในเดือนพฤษภาคม ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเข้ามา ฝนก็จะตกมาก ต่อมาในเดือนมิถุนายน ฝนจะลดปริมาณการตกลง อย่างชัดเจน ยกเว้นทางด้านอำเภอแกลง และกิ่ง อ.เขาชะเมา ต่อมาในเดือนกรกฎาคมฝนก็จะเริ่มตก และ จะตกมาก ในเดือนสิงหาคม -กันยายน -ตุลาคม ซึ่งฝนที่ตกมากในช่วงนี้ ก็เนื่องจากได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในอ่าวไทย และพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนตัวมาจากทะเลจีนใต้ที่ฝั่งเวียดนาม และพัดมาทางทิศตะวันตกเข้าสู่พื้นที่จังหวัดในภาคตะวันออก

2. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ รวมระยะเวลา 4 เดือน ฤดูนี้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ไม่ลดต่ำมากเหมือนภาคอื่นๆเพราะเขตนี้อยู่ปลายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความหนาวเย็นจึงไม่ลดลงมาก นอกจากนี้ ก็ยังได้รับโออุ่นจากทะเล จึงทำให้จังหวัดระยอง ไม่หนาวเย็นมากนัก

3. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ จนถึงปลายเดือนเมษายน ระยะเวลา 2 เดือน ระยะนี้มีลมตะวันออกเฉียงใต้ และลมเฉื่อยจากทะเลในตอนบ่ายพัดมาร่วมกับลมตะวันออกเฉียงใต้ จึงทำให้ลมมีกำลังแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ฝั่งทะเลระยอง ในระยะเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน จึงมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในตอนบ่าย และเย็น ทำให้อุณหภูมิไม่สูง อากาศจึงไม่ร้อนมากนัก

อุณหภูมิ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่หนาวเย็น และได้รับโออุ่นจากทะเล จึงทำให้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ค่อนข้างสม่ำเสมอไม่ร้อนจนเกินไป อุณหภูมิจึงเฉลี่ยอยู่ที่ 28.1 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดระยอง เป็นเขตที่อยู่ใกล้ทะเล ตอนกลางของจังหวัด เป็นภูเขาและป่าไม้ จึงมีผลกระทบกับลม ฟ้า อากาศเป็นอย่างมาก คือทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงตลอดปี เฉลี่ย 77%

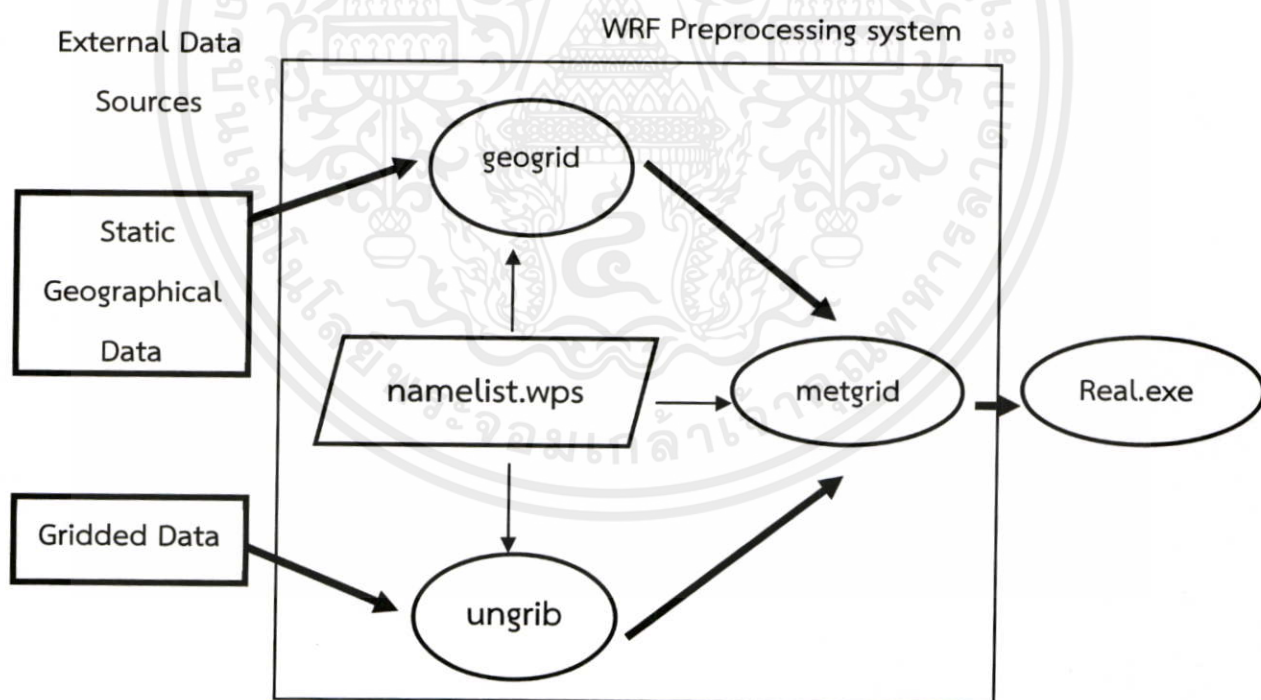
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 การทำงานของแบบจำลอง WRF version 3.0

สำหรับขั้นตอนการใช้ WRF version 3.0 มีดังนี้

1. External Data Source เป็นข้อมูลที่ภายนอกองค์กร เช่น ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา
2. WRF Preprocessing System (WPS) เป็นโปรแกรมสำหรับการเตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง WRF เพื่อนำไปสู่การคำนวณเชิงตัวเลขต่อไป ซึ่งมี 3 ขั้นตอนดังนี้
 - 1) geogrid เป็นการกำหนดพื้นที่การศึกษา จำนวน grid cell, ขนาดของ grid cell และนำข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์มาจัดเรียงลงบนพื้นที่ที่ศึกษา
 - 2) ungrib เป็นการแตกข้อมูลสภาพอากาศที่จัดเก็บในรูปแบบเฉพาะออกมาเพื่อไปใช้ในขั้นตอนต่อไป
 - 3) metgrid เป็นการนำข้อมูลสภาพอากาศที่ได้จาก ungrib จัดเรียงลงในพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ใน geogrib

ในขั้นตอนการทำงานของ WPS แสดงดังรูปที่ ค.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในองค์กรและห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. WRF model ประมวลผลจากสมการต่างๆทางฟิสิกส์บรรยากาศที่อยู่ภายในแบบจำลอง เพื่อ หาค่าตัวแปรสภาพอากาศต่างๆที่สำคัญ
4. WRF ARWpost แปลงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง WRF ให้สามารถ แสดงได้ในโปรแกรมแสดงผล GrADS (Grid Analysis and Displaying System)

ค.2 ระบบแสดงผล GrADS (Grid Analysis and Displaying System)

ระบบแสดงผล GrADS เป็นระบบหรือเครื่องมือที่สามารถตอบโต้กับชุดคำสั่งผ่านทางหน้า จอคอมพิวเตอร์ GrADS สามารถที่จะทำงานได้ทั้งในระบบปฏิบัติการ LINUX และ WINDOW

ระบบ GrADS สามารถแสดงข้อมูลได้ใน 4 มิติด้วยกัน ประกอบด้วย ละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) ระดับความสูง (Level) และเวลา (Time) การใช้งานนั้นอาจจะถูกแสดง ออกมาในรูปของข้อมูลโดยตรงหรือการตอบโต้กันด้วยคำสั่งในรูปแบบ FORTRAN นอกจากนี้ผู้ใช้อย่าง สามารถเพิ่มรูปแบบของตนเข้าไปได้ด้วย ในขณะที่ข้อมูลถูกวิเคราะห์จะสามารถออกมาเป็นรูปภาพที่ ใช้เทคนิคหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบเส้น (Contour), แบบจุด, แบบขีด, wind vector และ grid box เป็นต้น โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดสัดส่วนของ Output เองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้