แบบจำลองการเกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ

MODEL FOR GREENHOUSE GAS EMISSION IN THE ATMOSPHERE

กรกชัย แดงน้อย

KARAKACHAI TANGNOI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-SC-

แบบจำลองการเกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ

MODEL FOR GREENHOUSE GAS EMISSION IN THE ATMOSPHERE

กรกชัย แตงน้อย

KARAKACHAI TANGNOI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2556

KMITL–2013–SC-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODEL FOR GREENHOUSE GAS EMISSION IN THE ATMOSPHERE

KARAKACHAI TANGNOI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED MATHEMATICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

KMITL–2013–SC-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2013

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แบบจำลองการเกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ
Model for Greenhouse Gas Emission in the Atmosphere

นักศึกษา นายกรกชัย แตงน้อย
รหัสประจำตัว 52650703
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.พัชรินทร์	เหมโชติ	
ดร.วรรณพร	สรรประเสริฐ	
ดร.กมลวรรณ	ก่อเจริญ	
ดร.บุษยมาส	พิมพ์พรรณชาติ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13.00 - 16.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 207 ชั้น 2 อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
วันที่ 27 **เดือน** พ.ค. **พ.ศ.** 57

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองการเกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ
นักศึกษา	นายกรกชัย แตงน้อย
รหัสประจำตัว	52650703
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนเกิดมาจากก๊าซเรือนกระจกที่มากเกินไปในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และโอโซน งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีบนชั้นบรรยากาศที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเหล่านี้ในปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญและหาผลเฉลยโดยวิธีเชิงตัวเลขในสภาวะคงที่โดยการควบคุมปัจจัยภายนอก จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซด้วยวิธีการแยกส่วนประกอบและวิธีวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของทั้งสองวิธี และนำวิธีที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดไปพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซมีเทนจนถึงปี 2020 ผลวิจัยสรุปได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซต่างๆจะอยู่ในสภาวะสมดุลและวิธีวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าสัมประสิทธิ์ให้ค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดสำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และ ก๊าซมีเทน ซึ่งเมื่อนำวิธีดังกล่าวพยากรณ์ก๊าซทั้ง 3 ชนิดและพยากรณ์ตั้งแต่ปีค.ศ. 2013 ถึง ค.ศ. 2020 ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดก๊าซเรือนกระจก เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น ส่วนก๊าซโอโซนมีแนวโน้มที่ลดลงแต่ไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก โดยจะถือว่ามีปริมาณที่คงที่ และก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลง

คำสำคัญ : ภาวะโลกร้อน; ก๊าซเรือนกระจก; สภาวะสมดุล; วิธีแยกส่วนประกอบ; ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม; การพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Model for Greenhouse gas emissions in the atmosphere.
Student	Karakachai Tangnoi
Student ID	52650703
Degree	Master of Science
Program	Applied Mathematics
Year	2013
Thesis Advisor	Dr. Busayamas Pimpunchat

ABSTRACT

Global warming was caused by excessive Greenhouse gas primarily composed of Carbon dioxide, Methane and Ozone in troposphere layer of Earth's atmosphere caused rising global climate temperature. The purpose of this research was to study of chemical reaction in the atmosphere causing Greenhouse gas. The concentration of these gases in the chemical reaction can be explained through Ordinary Differential Equation (ODE) and finding solutions through numerical method in steady state case by controlling external factors. Then, errors from analyzing the concentration of gas through two different methods (Decomposition and Multiple regression with Genetic Algorithm) were compared to choose the least erroneous method to be used in forecasting Carbon monoxide, Ozone, and Methane gases up to year 2020. The results of this research conclude that the concentration of particular gases trend to equilibrium state. Moreover, Multiple regression with Genetic Algorithm method yields the least erroneous results for Carbon monoxide, Ozone, and Methane gases. By using this method to forecast the three gases from 2013 to 2020 in the study area, we found that Carbon monoxide has the tendency to rise, increasing the risk of generating more Greenhouse gases such as Carbon dioxide. Ozone gas has the tendency to decrease insignificantly, whereas Methane also has the tendency to decrease.

Keywords: Global warming; Greenhouse gas; Equilibrium state; Decomposition; Multiple regression with Genetic Algorithm; Forecast;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร. บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษาด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์และให้ความช่วยเหลือด้านอื่นๆ ทั้งด้านสถานที่ ด้านการแก้ไขเอกสาร เรียบเรียงเอกสาร รวมทั้งได้รับการดูแลเอาใจใส่ ให้ความเมตตา และให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา ผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ผู้จัดทำมีกำลังใจที่จะมุ่งมั่นในการศึกษาครั้งนี้จนเป็นผลสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชา คณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้จัดทำ คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุวรรณี จรรยาพูน ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาทางด้านเคมีและชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหา ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนคณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชา คณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ช่วยเหลือ คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้จัดทำขอมอบแด่พระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

กรกชัย แตงน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย	5
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 บรรยากาศ	6
2.2 ก๊าซและสารที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน	14
2.3 วิธีการแยกส่วนประกอบ (Decomposition method)	19
2.4 วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)	25
2.5 วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)	27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
3.1 ความสัมพันธ์ของก๊าซที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน บนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ในระบบปิด	36
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์	44
บทที่ 4 ผลงานวิจัย	47
4.1 ผลการศึกษาและพฤติกรรมของก๊าซที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนในระบบปิด	47
4.2 การเปรียบเทียบวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด	49
4.3 การพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน	52
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการ	61
เอกสารอ้างอิง	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของแก๊สหลักในบรรยากาศโลก	8
2.2 องค์ประกอบของแก๊สผันแปรในบรรยากาศโลก	8
3.1 ข้อมูลปี ค.ศ. 2008 – 2011 ที่ใช้ในการพยากรณ์ปีค.ศ. 2012	44
3.2 ข้อมูลปี ค.ศ. 2012 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์	46
4.1 แสดงค่า RMSE ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน	52
4.2 แบบจำลองของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทนของการพยากรณ์	52
4.3 ค่าที่ได้จากการตรวจวัดและค่าพยากรณ์ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทนในปี ค.ศ. 2012	53

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงจำนวนชั้นบรรยากาศและคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจก	1
2.1	ระดับชั้นบรรยากาศและอวกาศ	6
2.2	การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์	9
2.3	การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้ส่วนประกอบของอากาศเป็นเกณฑ์	11
2.4	การแบ่งชั้นบรรยากาศตางองค์ประกอบ	14
2.5	วิวัฒนาการของปากนกตามลักษณะของอาหาร	28
2.6	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	28
2.7	Pseudo Code สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	31
2.8	การผสมยีนแบบจุดเดียว	32
2.9	วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	33
2.10	วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน	34
2.11	วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน	34
2.12	วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน	35
3.1	ข้อมูลคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และมีเทน ปีค.ศ. 2008 - 2012	47
4.1	พฤติกรรมของก๊าซ 7 ชนิดบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ โดยการควบคุมปัจจัยภายนอก	49
4.2	ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด	50
4.3	ปริมาณก๊าซโอโซนจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด	51
4.4	ปริมาณก๊าซมีเทนจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด	51
4.5	พยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี ค.ศ. 2013 – 2020	54
4.6	พยากรณ์ก๊าซโอโซนปี ค.ศ. 2013 – 2020	54
4.7	พยากรณ์ก๊าซมีเทนปี ค.ศ. 2013 – 2020	55
4.8	แนวโน้มก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฤดูร้อนปี ค.ศ. 2008 – 2020	56
4.9	แนวโน้มก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฤดูฝนปี ค.ศ. 2008 – 2020	56
4.10	แนวโน้มก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฤดูหนาวปี ค.ศ. 2008 – 2020	57
4.11	แนวโน้มก๊าซโอโซนฤดูร้อนปี ค.ศ. 2008 – 2020	57
4.12	แนวโน้มก๊าซโอโซนฤดูฝนปี ค.ศ. 2008 – 2020	58
4.13	แนวโน้มก๊าซโอโซนฤดูหนาวปี ค.ศ. 2008 – 2020	58
4.14	แนวโน้มก๊าซมีเทนฤดูร้อนปี ค.ศ. 2008 – 2020	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 แนวโน้มก๊าซมีเทนฤดูฝนปี ค.ศ. 2008 – 2020	59
4.16 แนวโน้มก๊าซมีเทนฤดูหนาวปี ค.ศ. 2008 – 2020	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

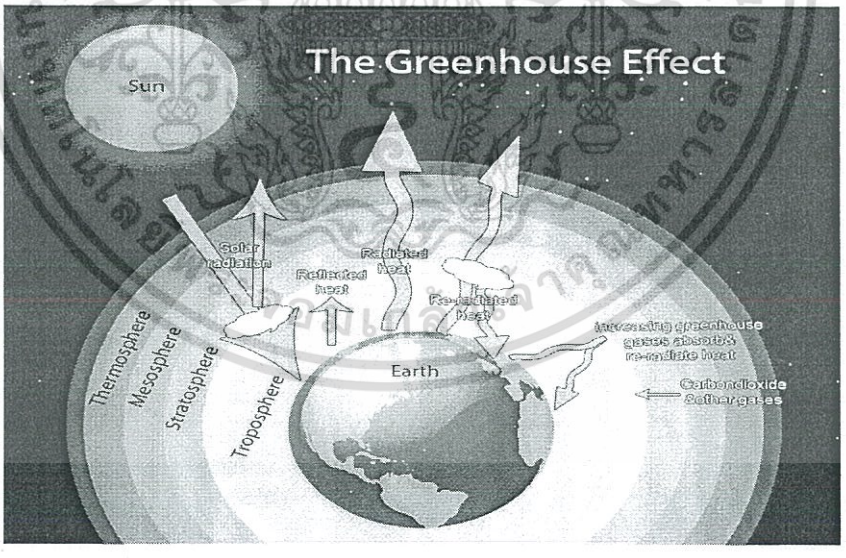
บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนของการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจจะนำไปทำการวิจัยต่อไป

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือ **ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change)** คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นจากผลของภาวะเรือนกระจก โดยภาวะโลกร้อน ซึ่งมีต้นเหตุจากการที่มนุษย์ได้เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ การขนส่ง และการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังมีก๊าซกลุ่มไนตรัสออกไซด์ และคลอโรฟลูโรคาร์บอน (CFC) พร้อมกับการตัดและทำลายป่าไม้จำนวนมหาศาลเพื่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกทำให้ความสามารถในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากต้นไม้ถูกลดทอนประสิทธิภาพลง และทำให้เกิดภาวะโลกร้อน



รูปที่ 1.1 แสดงจำนวนชั้นบรรยากาศและคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจก

ปรับปรุงจากแหล่งที่มา http://honnylovetocare.wordpress.com/ และ www.Cemmitrading.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เช่น สภาพอากาศที่ร้อน ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น เป็นต้น เกิดจากภาวะโลกร้อนขึ้นที่มีมูลเหตุมาจากการปล่อยก๊าซพิษต่าง ๆ ทำให้แสงอาทิตย์ส่องทะลุผ่านชั้นบรรยากาศมาสู่พื้นโลกได้มากขึ้น ซึ่งนั่นเป็นที่รู้จักกันโดยเรียกว่า สภาวะเรือนกระจก ได้แก่ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ สารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน และ โอโซน จากรูปที่ 1.1 เมื่อก๊าซเหล่านี้ลอยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ จะมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด และมีอิทธิพลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ซึ่งทำให้โลกเรามีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตขึ้นได้ เพียงแต่ว่าก๊าซเหล่านี้มีปริมาณมากเกินไป จนทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก ซึ่งเรียกก๊าซพวกนี้ว่า "ก๊าซเรือนกระจก" (Greenhouse gas)

ก๊าซและสารที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน มีทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่

1. ไอน้ำ (H_2O)

ไอน้ำเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือก๊าซธรรมชาติ และจากการหายใจและคายน้ำของสัตว์และพืชในการทำเกษตรกรรม เป็นต้น

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เกิดจากการเผาไหม้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม การเผาป่าเพื่อใช้พื้นที่สำหรับอยู่อาศัยและการทำปศุสัตว์

3. ก๊าซมีเทน (CH_4)

เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิต การทำนาข้าว ปศุสัตว์ และการเผาไหม้มวลชีวภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ

4. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

เกิดจากอุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมีและพลาสติกบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC)

เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ และสเปรย์ เป็นต้น

6. โอโซน (O_3)

เกิดจากก๊าซออกซิเจน (O_2) ดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเล็ตแล้วแตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (O) จากนั้นออกซิเจนอะตอมเดี่ยวรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนและโมเลกุลชนิดอื่นที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง แล้วให้ผลผลิตเป็นก๊าซโอโซนออกมา

จากงานวิจัยของ Joseph M. Conny [1] , O.Badr & S.D. Probert [2] แสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นนั้นเกิดขึ้นมาจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีบนชั้นบนบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ที่สามารถไปทำปฏิกิริยาทางเคมีบนชั้นบรรยากาศกับก๊าซอื่นๆแล้วทำให้เกิดก๊าซที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ โอโซนได้ดังนั้นแหล่งกำเนิดของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน เช่น การเผาไหม้ น้ำมัน ปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือถ่านไม้โดยในส่วนของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ก็มีความอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ หากมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในร่างกายที่ยังไม่มากก็อาจจะทำให้ ตาพร่ามัว เวียนศีรษะ แต่ถ้ามีปริมาณที่มากก็ทำให้เสียชีวิตได้ James A.Raub [4] , O.Badr & S.D. Probert [2] ดังนั้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จึงเป็นก๊าซที่มีความอันตรายต่อมนุษย์ และก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งทำให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยมีผลกระทบต่อโลกดังนี้

1. ผลกระทบด้านนิเวศวิทยา

แถบขั้วโลกได้รับผลกระทบมากสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งภูเขาน้ำแข็ง ก้อนน้ำแข็งจะละลายอย่างรวดเร็ว ทำให้ระดับน้ำทะเลทางขั้วโลกเพิ่มขึ้น และไหลลงสู่ทั่วโลกทำให้เกิดน้ำท่วมได้ทุกทวีป และจะทำให้สัตว์ทางทะเลเสียชีวิตเพราะระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง ทวีปยุโรปจะมีปัญหาอุทกภัยจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากธารน้ำแข็งบนบริเวณยอดเขาสูงที่ปกคลุมด้วยหิมะจะละลาย เอเชียอุณหภูมิจะสูงขึ้นเกิดฤดูกาลที่แห้งแล้ง มีน้ำท่วม ผลิตผลทางอาหารลดลง ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ทวีปอเมริกาเหนืออุตสาหกรรมการผลิตอาหารจะได้รับผลประโยชน์เนื่องจากอากาศที่อุ่นขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักวิจัยได้มีการคาดประมาณอุณหภูมิผิวโลกในอีก 100 ปีข้างหน้า หรือประมาณปี 2643 ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นจากปัจจุบันราว 4.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากคาดการณ์ว่า จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงร้อยละ 63 และก๊าซมีเทนร้อยละ 27 ของก๊าซเรือนกระจก

2. ผลกระทบด้านสุขภาพ

จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะก่อให้เกิด สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การฟักตัวของเชื้อโรค ทำให้มีการติดเชื้อเพิ่มมากขึ้นในโรคมาลาเรีย ไข้ส่า อหิวาตกโรค และอาหารเป็นพิษ [7]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน ออกซิเจน มีเทน ไอน้ำ ออกไซด์ของไนโตรเจน ในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์

2. ประยุกต์ปฏิกิริยาเคมีกับระบบสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของก๊าซเรือนกระจก

3. สร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และ มีเทน เพื่อทำการพยากรณ์ของก๊าซทั้ง 3 ชนิด และดูแนวโน้มที่เกิดขึ้นในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. กำหนดแบบจำลองเป็นระบบปิด โดยไม่มีการปล่อยก๊าซที่ศึกษาจากพื้นดินลอยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์

2. นำปริมาณของก๊าซต่างๆที่เกิดขึ้นจริงเอามาใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่ออธิบายปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. ทำให้ทราบกระบวนการปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก
2. สามารถประยุกต์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายปฏิกิริยาเคมีของก๊าซเรือนกระจก
3. พัฒนาทักษะการออกแบบจำลองของปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล
4. เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านพยากรณ์การเกิดก๊าซเรือนกระจก

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลของการเกิดสภาวะเรือนกระจก
2. ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเกิดก๊าซเรือนกระจก
3. นำปฏิกิริยาทางเคมีในชั้นบรรยากาศสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสมการเคมี
4. นำปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้นจริงมาใส่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และอธิบายผลลัพธ์ที่ได้
5. พยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซมีเทน เพื่อดูแนวโน้มในอนาคตของพื้นที่ศึกษา
6. สรุปผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บรรยากาศ

จากรูปที่ 2.1 บรรยากาศเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกโลก ห่อหุ้มโลกเป็นบริเวณพื้นที่กว้างใหญ่และนับจากผิวโลกสูงขึ้นไปประมาณ 800 – 1,000 กิโลเมตรจากระดับน้ำทะเล วัดจากความสูงขึ้นไปจะเป็นบริเวณที่มีอากาศน้อยมากหรือไม่มีเลย หรือเป็นบริเวณที่มีอนุภาคต่างๆน้อยมากและไม่อยู่ภายใต้แรงดึงดูดของโลกเรียกส่วนนี้หรือบริเวณนี้ว่า อวกาศ

อวกาศ (deep or outer space) หมายถึงพื้นที่ว่างของเอกภพที่อยู่นอกเหนือไปจากชั้นบรรยากาศ โดยยิ่งสูงความหนาแน่นของอากาศยิ่งลดลง แต่ไม่ได้หมายความว่าอวกาศว่างเปล่าโดยสิ้นเชิง เพราะยังคงมีอนุภาคต่างๆอยู่อย่างเบาบาง

บรรยากาศ หมายถึงอากาศที่อยู่รอบๆตัวเรา หรือที่ห่อหุ้มโลกเราอยู่โดยรอบ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส อากาศในบรรยากาศบริเวณใกล้ผิวโลกจะหนาแน่นมากที่สุด และเมื่ออยู่สูงขึ้น อากาศจะบางลงหรือน้อยลง

รูปที่ 2.1 ระดับชั้นบรรยากาศและอวกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 องค์ประกอบของบรรยากาศ

บรรยากาศเป็นของผสม ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

2.1.1.1 แก๊สหลัก เป็นสารเนื้อเดียว ประเภทสารละลาย ประกอบด้วยตัวทำละลาย คือ แก๊สไนโตรเจน (N_2) มีปริมาณร้อยละ 78.08 โดยปริมาตร ส่วนตัวละลาย ได้แก่ แก๊สออกซิเจน (O_2) มีปริมาณร้อยละ 20.95 แก๊สอาร์กอน (Ar) มีปริมาณร้อยละ 0.93 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณร้อยละ 0.03 และแก๊สอื่นๆมีปริมาณร้อยละ 0.01 โดยปริมาตร ซึ่งค่าแก๊สต่างๆดูได้จากตารางที่ 2.1

2.1.1.2 แก๊สผันแปร เช่น ไอน้ำ เกิดจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ทั้งแม่น้ำ คลอง หนอง บึง ทะเล มหาสมุทร รวมทั้งการคายน้ำของพืช การระเหยน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ พื้นที่ผิวหน้าและปริมาณไอน้ำในอากาศ ในอากาศทั่วๆไปที่อยู่รอบตัวเรามีไอน้ำปนอยู่ ถ้าอากาศอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกแล้ว แสดงว่าอากาศในขณะนั้นอิ่มตัวด้วยไอน้ำ หรืออยู่ในสภาวะที่อากาศมีความชื้นมากที่สุด ไอน้ำเป็นตัวการที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆในบรรยากาศ เช่น เมฆ หมอก น้ำค้าง ฝน หิมะ เป็นต้น ซึ่งค่าแก๊ส ซึ่งค่าแก๊สผันแปรดูได้จากตารางที่ 2.2

2.1.1.3 อนุภาคที่เป็นของแข็ง ได้แก่ ฝุ่นละออง ควันไฟ ละอองเกสร ซึ่งอนุภาคต่างๆในบรรยากาศอาจแยกได้เป็นอนุภาคที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น เกิดจากการระเบิด การทำเหมืองแร่ การโม่หิน การก่อสร้าง การเผาขยะมูลฝอย เป็นต้น และอนุภาคซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของแก๊สหลักในบรรยากาศโลก

ชนิดของแก๊ส	สูตรโมเลกุล	ร้อยละโดยปริมาตร	น้ำหนักโมเลกุล
ไนโตรเจน	N_2	78.08	28.01
ออกซิเจน	O_2	20.95	32.00
อาร์กอน	Ar	0.93	39.35
นีออน	Ne	0.02	20.18
ฮีเลียม	He	0.0005	4.00
คริปตรอน	Kr	0.0001	83.80
ซีนอน	Xe	0.00009	131.30
ไฮโดรเจน	H	0.00005	2.02

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของแก๊สผันแปรในบรรยากาศโลก

ชนิดของแก๊ส	สูตรโมเลกุล	ร้อยละโดยปริมาตร	น้ำหนักโมเลกุล
ไอน้ำ	H_2O	0.25	18.01
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	0.038	44.01
โอโซน	O_3	0.01	48.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การจัดแบ่งชั้นบรรยากาศ

การจำแนกชั้นบรรยากาศโดยทั่วไปจะจำแนกตามลักษณะที่เด่นชัด เช่น อุณหภูมิ สมบัติของแก๊ส และองค์ประกอบของอากาศที่มีแก๊สต่างๆ

2.1.2.1 การจำแนกชั้นบรรยากาศโดยใช้ระดับอุณหภูมิเป็นเกณฑ์

การจำแนกชั้นบรรยากาศโดยใช้ระดับอุณหภูมิจะแบ่งชั้นบรรยากาศได้ 4 ชั้นดังรูปที่ 2.2 คือ

1. โทรโพสเฟียร์
2. สตราโทสเฟียร์
3. เมโซสเฟียร์
4. เทอร์โมสเฟียร์

รูปที่ 2.2 การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์

โทรโพสเฟียร์ (troposphere) เป็นชั้นบรรยากาศที่มีลักษณะดังนี้

1. เป็นชั้นบรรยากาศที่มนุษย์อาศัยอยู่ มีความสูงจากพื้นผิวโลกขึ้นไปประมาณ 10 กิโลเมตร มวลของบรรยากาศในชั้นนี้มีประมาณร้อยละ 85 ของมวลบรรยากาศทั้งหมด

2. มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กล่าวคือยิ่งสูงขึ้นไปอุณหภูมิจะยิ่งลดลงในอัตราประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อ 1 กิโลเมตร ที่ระดับความสูง 15 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิคงที่ -60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นเขตสิ้นสุดของบรรยากาศชั้นนี้ รอยต่อระหว่างชั้นโทรโพสเฟียร์และชั้นต่อไปเรียกว่า โทรโพพอส(tropopause)

3. มีฤดูกาล เนื่องจากปริมาณไอน้ำเกือบทั้งหมดของบรรยากาศจะปรากฏอยู่ในชั้นนี้ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศเป็นฤดูกาลต่างๆ และยังทำให้เกิดกระแสลมแปรปรวนเนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วของลม จนเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ เช่น เมฆ หมอก ฝน หิมะ ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง พายุต่างๆ

สตราโทสเฟียร์ (stratosphere) เป็นชั้นบรรยากาศที่สูงถัดจากบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไปอีก 50 กิโลเมตรมีลักษณะดังนี้

1. จะมีอุณหภูมิคงที่ในส่วนที่ติดอยู่ชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไป 20 กิโลเมตร $(-60^{\circ}C)$ ถัดจากความสูง 20 กิโลเมตรนี้ไปอีก 10 – 15 กิโลเมตร หรือที่ความสูงจากชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไป 30 – 35 กิโลเมตร ต่อจากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยอัตรา 0.5 องศาเซลเซียสต่อความสูง 1 กิโลเมตร

2. เป็นชั้นบรรยากาศที่มีปริมาณแก๊สโอโซน (O_3) เข้มข้นมาก ประมาน 1 – 5 ppm ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแผ่เป็นชั้นโอโซน (ozone layer) โอโซนในชั้นนี้มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเพราะช่วยกรองแสง UV ที่เป็นอันตรายจากดวงอาทิตย์ได้ถึงร้อยละ 99 ทำให้มนุษย์รอดพ้นจากการเป็นมะเร็งที่ผิวหนังและต้อกระจก

3. รอยต่อระหว่างสตราโทสเฟียร์และชั้นถัดไปคือชั้นเมโซสเฟียร์ เป็นระดับที่อุณหภูมิคงที่เรียกว่า สตราโทพอส (stratopause) ซึ่งสูงจากผิวโลกขึ้นไปประมาณ 50 กิโลเมตร ในชั้นสตราโทสเฟียร์แทบจะไม่มีไอน้ำเลย บรรยากาศชั้นนี้ไม่แปรปรวน มีเสถียรภาพมากและทัศนวิสัยที่เหมาะสมสำหรับการบินและการควบคุมทางอากาศ บอลลูนที่ใช้อากาศร้อนลอยสูงขึ้นได้ในระดับความสูง 15 – 20 กิโลเมตร แต่ถ้าใช้แก๊สฮีเลียมบอลลูนลอยสูงขึ้นได้ในระดับความสูง 35 กิโลเมตร

4. มวลอากาศในชั้นนี้มีร้อยละ 19.9 ของมวลอากาศทั้งหมด เหรือระดับโทรโพพอสขึ้นไปอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นในอัตรา 2°C ต่อ 1 กิโลเมตร เนื่องจากโอโซนที่ระยะสูง 48 กิโลเมตร ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์เอาไว้ บรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์มีความสงบมากกว่าชั้นโทรโพสเฟียร์ เครื่องบินไอพ่นจึงนิยมบินในตอนล่างของบรรยากาศของชั้นนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศที่รุนแรงในชั้นโทรโพสเฟียร์

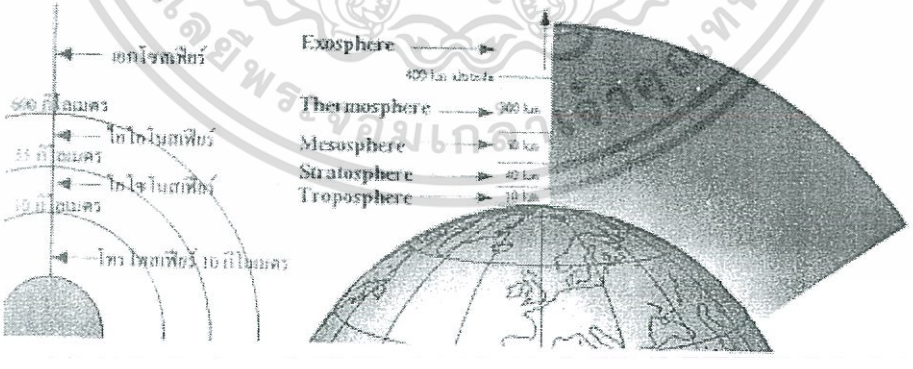
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมโซสเฟียร์ (mesosphere) เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางของบรรยากาศทั้ง 4 ชั้นอยู่ต่อจากชั้นสตราโทสเฟียร์ และขึ้นไปอีก 40 กิโลเมตร เป็นชั้นที่มีโอโซนน้อยมาก ทำให้ดูดกลืนรังสี UV ของแสงอาทิตย์ได้น้อย บรรยากาศในชั้นนี้มีอุณหภูมิลดลง ในระดับความสูงประมาณ 85 กิโลเมตร อุณหภูมิจะลดลงถึง -98 องศาเซลเซียส ลูกอุกกาบาตมักเริ่มลุกเป็นไฟเมื่อเข้าสู่บรรยากาศชั้นนี้ รอยต่อระหว่างชั้นเมโซสเฟียร์และชั้นเทอร์โมสเฟียร์ เรียกว่า เมโซฟอส (mesopause) ซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ $(-98^{\circ}C)$ มวลอากาศในชั้นเมโซสเฟียร์มีไม่ถึงร้อยละ 0.1 ของมวลอากาศทั้งหมด

เทอร์โมสเฟียร์ (thermosphere) หรือ ไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างความสูง 90 – 800 กิโลเมตรจากพื้นดิน อุณหภูมิของบรรยากาศชั้นนี้จะเพิ่มตามระดับความสูงที่ระดับความสูง 200 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียสและที่ระดับความสูง 300 กิโลเมตร จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาทางเคมีของรังสีดวงอาทิตย์ทำให้แก๊สต่างๆ ในชั้น 200 กิโลเมตร แตกตัวเป็นไอออน เรียกชั้นบรรยากาศที่มีการแตกตัวของไอออนนี้ว่า ไอโอโนสเฟียร์ การดูดกลืนรังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และรังสีคลื่นสั้นของอัลตราไวโอเลตของแก๊ส N_2 และ O_2 ที่มีอยู่ในชั้นนี้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวกในสภาวะแก๊สและอิเล็กตรอนอิสระ หรือแตกตัวเป็นอะตอมอิสระในสภาวะแก๊ส

2.1.2.2 การจำแนกโดยใช้ส่วนประกอบของอากาศที่มีแก๊สต่างๆเป็นเกณฑ์

จะจัดแบ่งชั้นบรรยากาศได้เป็น 4 ชั้น ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การแบ่งชั้นบรรยากาศโดยใช้ส่วนประกอบของอากาศเป็นเกณฑ์

โทรโพสเฟียร์ เป็นชั้นบรรยากาศที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ตั้งแต่ส่วนที่ติดผิวโลกขึ้นไปในอากาศที่ระยะความสูง 10 กิโลเมตรโดยประมาณ

2. มีส่วนประกอบของอากาศที่สำคัญมากคือ ไอน้ำ โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบของอากาศตามปกติ

โอโซโนสเฟียร์ (ozonosphere) เป็นชั้นบรรยากาศที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

1. เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ถัดจากบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ขึ้นไปอีก ถึงระยะประมาณ 50 – 55 กิโลเมตรจากผิวโลก

2. บรรยากาศชั้นนี้จะมีปริมาณแก๊สโอโซน (O_3) อยู่มากที่สุด อาจเรียกบรรยากาศชั้นนี้ว่าชั้นโอโซนก็ได้

ไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) เป็นชั้นบรรยากาศที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

1. เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ถัดจากชั้นโอโซโนสเฟียร์ขึ้นไปถึงระยะความสูงประมาณ 600 กิโลเมตรจากผิวโลก

2. มีปริมาณอิเล็กตรอนอิสระอยู่เป็นจำนวนมาก

3. ระยะจากผิวโลกขึ้นไปถึงชั้นไอโอโนสเฟียร์ พบว่า คลื่นความถี่ของวิทยุ สามารถส่งสัญญาณไปได้ทั่วทุกแห่งบนโลก ไปได้ไกลเป็นระยะทางประมาณ 1,000 กิโลเมตร

เอกโซสเฟียร์ (exosphere) เป็นชั้นบรรยากาศที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

1. เป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงสุด ถัดจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ขึ้นไปถึงระยะความสูงกว่าผิวโลกประมาณ 660 กิโลเมตร ถัดจากชั้นนี้ขึ้นไปเป็นอาณาเขตซึ่งเรียกว่า อวกาศ ซึ่งมีสภาพเหมือนกับเป็นสูญญากาศ

2. โมเลกุลของอากาศอยู่ห่างไกลกันมาก จนไม่สามารถวิ่งชนกับโมเลกุลอื่นได้ ในบางครั้งโมเลกุลซึ่งเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเหล่านี้ อาจหลุดพ้นอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกบรรยากาศในชั้นที่อะตอมหรือโมเลกุลของอากาศมีแนวโน้มจะหลุดหนีไปสู่อวกาศนี้ว่า เอกโซสเฟียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บรรยากาศที่อยู่สูงถัดจากชั้นเทอร์โมสเฟียร์ จะเป็นชั้นบรรยากาศของแก๊สฮีเลียมจนถึงระดับความสูง 2,400 กิโลเมตรจากพื้นโลก ต่อจากนั้นที่ระดับความสูงขึ้นไปจะเป็นชั้นบรรยากาศของไฮโดรเจนซึ่งเป็นแก๊สที่เบาที่สุด ความหนาแน่นของชั้นไฮโดรเจนนี้อาจมีความสูงถึง 1,000 กิโลเมตรจากพื้นโลก บรรยากาศของชั้นฮีเลียมและไฮโดรเจนจัดได้ว่าเป็นชั้นบรรยากาศชั้นนอกสุดของโลก เรียกว่า ชั้นเอกโซสเฟียร์ และยากที่จะกำหนดขอบเขตที่แน่นอนได้ บรรยากาศของแก๊สทั้งสองจะมีอุณหภูมิสูงและมีความหนาแน่นน้อยมาก อนุภาคต่างๆของแก๊สจึงเคลื่อนที่เร็วมาก และ โอกาสที่จะวิ่งกระทบกันน้อยมาก ประกอบกับบรรยากาศชั้นนี้อยู่ห่างจากโลกมาก การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วทำให้โมเลกุลของแก๊สมีแนวโน้มที่จะหนีหรือหลุดออกจากชั้นบรรยากาศโลกได้

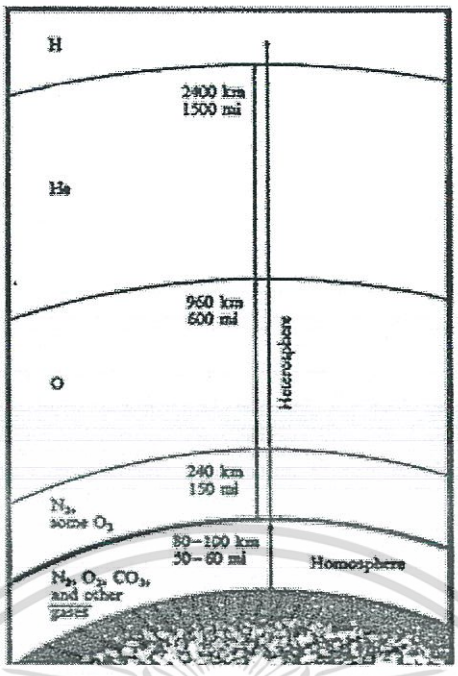
2.1.2.3 การจำแนกชั้นบรรยากาศโลกตามองค์ประกอบ

การแบ่งชั้นบรรยากาศโลกด้วยวิธีนี้เป็นการอาศัยพื้นฐานการผันแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนร้อยละ โดยปริมาตรของแก๊สแห้งที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศ การผันแปรต่างๆ นี้เกิดจากผลแรงโน้มถ่วงที่ทำให้อะตอมและโมเลกุลของแก๊สที่หนักกว่าจะติดอยู่กับโลก ส่วนอะตอมและโมเลกุลของแก๊สที่เบากว่าจะอยู่ห่างออกไปจากพื้นผิวโลกดังรูปที่ 2.4 โดยแบ่งชั้นบรรยากาศเป็น 2 ชั้นดังนี้

1. ชั้นโฮโมสเฟียร์ (homosphere) หมายถึง ชั้นบรรยากาศที่แก๊สต่างๆ ผสมกันจนเป็นเนื้อเดียวกันในอัตราส่วนคงที่ แก๊สต่างๆ เหล่านี้ที่สำคัญได้แก่ แก๊สไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่นๆ ในปริมาณที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 การผสมของแก๊สต่างๆ เหล่านี้เป็นผลมาจากการหมุนเวียนของอากาศที่เกิดขึ้นในชั้นโฮโมสเฟียร์ นอกจากแก๊สต่างๆเหล่านี้แล้วยังมีไอน้ำและอนุภาคต่างๆของฝุ่นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรวมอยู่ด้วย ชั้นโฮโมสเฟียร์นี้ เป็นบรรยากาศชั้นที่ติดกับพื้นโลกสูงขึ้นไปถึงระดับความสูงประมาณ 80 กิโลเมตร ซึ่งจะเห็นว่าชั้นโทรโพสเฟียร์ ชั้นสตราโทสเฟียร์ และชั้นมีโซเฟียร์ ตามการจัดแบ่งโดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์นั้น จะจัดรวมอยู่ในชั้นนี้

2. ชั้นเฮเทอโรสเฟียร์ (heterosphere) หมายถึง ชั้นบรรยากาศที่อยู่สูงขึ้นไปถัดจากชั้นโฮโมสเฟียร์จนสิ้นสุดชั้นบรรยากาศโลก แก๊สต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศในชั้นนี้จะแยกกันอยู่เป็นชั้นๆ ตามลำดับของน้ำหนักโมเลกุล โดยชั้นแรกที่ระดับความสูงประมาณระหว่าง 80 – 240 กิโลเมตร เป็นชั้นของแก๊สไนโตรเจนและมีแก๊สออกซิเจนปนอยู่บ้างเล็กน้อย ชั้นที่สองที่ระดับความสูงประมาณระหว่าง 240 – 960 กิโลเมตร เป็นชั้นของแก๊สออกซิเจนอะตอม ชั้นที่สามและสี่ซึ่งเป็นชั้นบนสุดจะเป็นชั้นของแก๊สฮีเลียมและไฮโดรเจนอะตอมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแบ่งชั้นบรรยากาศตามองค์ประกอบ

2.2 ก๊าซและสารที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน

ในชั้นบรรยากาศจะมีก๊าซและสารที่มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน มีทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่

1. ไอน้ำ (H_2O)

เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีมากที่สุดบนโลก มีอยู่ในอากาศประมาณ 0 - 4% ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และอุณหภูมิ ในบริเวณเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรและชายทะเลจะมีไอน้ำอยู่มาก ส่วนในบริเวณเขตหนาวแถบขั้วโลก อุณหภูมิต่ำ จะมีไอน้ำในบรรยากาศเพียงเล็กน้อย ไอน้ำเป็นสิ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต ไอน้ำเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำในธรรมชาติ น้ำสามารถเปลี่ยนสถานะไปมาทั้ง 3 สถานะ จึงเป็นตัวพาและกระจายความร้อนแก่บรรยากาศและพื้นผิว ไอน้ำเกิดจากโดยฝีมือมนุษย์ 2 วิธี คือ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือก๊าซธรรมชาติ และจากการหายใจและคายน้ำของสัตว์และพืชในการทำเกษตรกรรม

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในยุคเริ่มแรกของโลกและระบบสุริยะ มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศถึง 98% เนื่องจากดวงอาทิตย์ยังมีขนาดเล็กและแสงอาทิตย์ยังไม่สว่างเท่าทุกวันนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยทำให้โลกอบอุ่น เหมาะสำหรับเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต ครั้นกาลเวลาผ่านไปดวงอาทิตย์มีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำฝนได้ละลายคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลงมายังพื้นผิว แพลงก์ตอนบางชนิดและพืชตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ มาสร้างเป็นอาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้ภาวะเรือนกระจกลดลง โดยธรรมชาติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นจากการหลอมละลายของหินปูน ซึ่งโผล่ขึ้นมาจากปล่องภูเขาไฟ และการหายใจของสิ่งมีชีวิต ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม การเผาป่าเพื่อใช้พื้นที่สำหรับอยู่อาศัยและการทำปศุสัตว์ เป็นต้น โดยการเผาป่าเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศได้โดยเร็วที่สุด เนื่องจากต้นไม้มีคุณสมบัติในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงลอยขึ้นไปสะสมอยู่ในบรรยากาศได้มากยิ่งขึ้น และทำให้พลังงานความร้อนสะสมบนผิวโลกและในบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณ 1.56 วัตต์/ตารางเมตร

3. ก๊าซมีเทน (CH_4)

เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิต แม้ว่ามีก๊าซมีเทนอยู่ในอากาศเพียง 1.7 ppm แต่ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือด้วยปริมาตรที่เท่ากัน ก๊าซมีเทนสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซมีเทนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากการทำนาข้าว ปศุสัตว์ และการเผาไหม้มวลชีวภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาวะเรือนกระจกมากเป็นอันดับ 2 รองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พลังงานรวมที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 0.47 วัตต์/ตารางเมตร

4. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ปกติก๊าซชนิดนี้ในธรรมชาติเกิดจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตโดยแบคทีเรีย แต่ที่มีเพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน เนื่องมาจากอุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริกในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยไนลอน อุตสาหกรรมเคมีและพลาสติกบางชนิด เป็นต้น ก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มพลังงานความร้อน สะสมบนพื้นผิวโลกประมาณ 0.14 วัตต์/ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตร นอกจากนั้นเมื่อก๊าซไนตรัสออกไซด์ลอยขึ้นสู่บรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ มันจะทำปฏิกิริยากับก๊าซโอโซน ทำให้เกราะป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตของโลกลดน้อยลง

5. สารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC)

หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "ฟรีออน" (Freon) มิได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่เป็นสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ มีแหล่งกำเนิดมาจากโรงงานอุตสาหกรรม และอุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ และสเปรย์ เป็นต้น

สาร CFC มีองค์ประกอบเป็นคลอรีน ฟลูออไรด์ และโบรมีน ซึ่งมีความสามารถในการทำลายโอโซน ตามปกติสาร CFC ในบริเวณพื้นผิวโลกจะทำปฏิกิริยากับสารอื่น แต่เมื่อมันดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเล็ตในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ โมเลกุลจะแตกตัวให้คลอรีนอะตอมเดี่ยว และทำปฏิกิริยากับก๊าซโอโซน เกิดก๊าซคลอรีนโมโนออกไซด์ (ClO) และก๊าซออกซิเจน หากคลอรีนจำนวน 1 อะตอม ทำลายก๊าซโอโซน 1 โมเลกุล ได้เพียงครั้งเดียว ก็คงไม่เป็นปัญหา แต่ทว่าคลอรีน 1 อะตอม สามารถทำลายก๊าซโอโซน 1 โมเลกุล ได้นับพันครั้ง เนื่องจากเมื่อคลอรีนโมโนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอะตอมเดี่ยว แล้วเกิดคลอรีนอะตอมเดี่ยวขึ้นอีกครั้ง ปฏิกิริยาลูกโซ่เช่นนี้จึงเป็นการทำลายโอโซนอย่างต่อเนื่อง

ปัจจุบันแม้ว่าจะมีการจำกัดการใช้ก๊าซประเภทนี้ให้น้อยลง 40% เมื่อเทียบกับ 10 กว่าปีก่อน แต่ปริมาณสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนที่ยังคงสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ ยังเป็นต้นเหตุที่ทำให้มีพลังงานความร้อนสะสมบนพื้นผิวโลกประมาณ 0.28 วัตต์ต่อตารางเมตร

6. โอโซน (O_3)

เป็นก๊าซที่ประกอบด้วยธาตุออกซิเจนจำนวน 3 โมเลกุล มีอยู่เพียง 0.0008% ในบรรยากาศ โอโซนไม่ใช่ก๊าซที่มีเสถียรภาพสูง มันมีอายุอยู่ในอากาศได้เพียง 20 - 30 สัปดาห์ แล้วสลายตัว โอโซนเกิดจากก๊าซออกซิเจน (O_2) ดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเล็ตแล้วแตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (O) จากนั้นออกซิเจนอะตอมเดี่ยวรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนและโมเลกุลชนิดอื่นที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง แล้วให้ผลผลิตเป็นก๊าซโอโซนออกมา

ก๊าซโอโซนมี 2 บทบาท คือเป็นทั้งประโยชน์และโทษในตัวเดียวกัน ขึ้นอยู่ว่าจะอยู่ที่ใด

โอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ (Stratosphere Ozone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเกราะป้องกันรังสีอุลตราไวโอเล็ต (UV) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ในธรรมชาติโอโซนที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวมีเพียง 10% โอโซนส่วนใหญ่ในชั้นสตราโทสเฟียร์รวมตัวเป็นชั้นบาง ๆ ที่ระยะสูงประมาณ 20 - 30 กิโลเมตร ทำหน้าที่กรองรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ออกไป 99% ก่อนถึงพื้นโลก หากร่างกายมนุษย์ได้รับรังสีนี้มากเกินไป จะทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง ส่วนจุลินทรีย์ขนาดเล็ก อย่างเช่นแบคทีเรียก็จะถูกฆ่าตาย

โอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere Ozone)

เป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมบนพื้นผิวโลกประมาณ 2.85 วัตต์/ตารางเมตร โอโซนในชั้นนี้เกิดจากการเผาไหม้มวลชีวภาพและการสันดาปของเครื่องยนต์ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการจราจรติดขัด เครื่องยนต์ เครื่องจักร และโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งปะปนอยู่ในหมอกควัน เมื่อโอโซนอยู่ในบรรยากาศชั้นล่างหรือเหนือพื้นผิว มันจะให้โทษมากกว่าให้คุณ เนื่องจากเป็นพิษต่อร่างกาย

โดยที่ก๊าซต่อไปที่จะกล่าวถึงนั้นเป็นก๊าซที่ไม่ได้ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนโดยตรง แต่เป็นตัวสร้างก๊าซที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนจากการทำปฏิกิริยาบนชั้นบรรยากาศดังนี้

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เป็น ก๊าซพิษที่ไม่มีสี ไม่มีรส และไม่มีกลิ่น เบากว่าอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวสูงมาก มีช่วงชีวิตประมาณ 2-3 เดือน ในบรรยากาศ ดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 467 ไมครอน ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นแสงอินฟาเรด (IR)

แหล่งที่มาหรือแหล่งเกิดของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จำแนกได้ 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของมีเธน หรือโฟโตเคมีคัลออกซิเดชันของสารอินทรีย์บนผิวทะเล

2. จากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือถ่านไม้ ซึ่งมีส่วนผสมของคาร์บอน (C) เป็นต้น คาร์บอนมอนอกไซด์ จะเกิดเมื่อคาร์บอนในเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่แพร่กระจายถูกปล่อยสู่บรรยากาศร้อยละ 60 มาจากยานพาหนะ สำหรับในเขตเมืองคาร์บอนมอนนอกไซด์ถูกปล่อยจากยานพาหนะเป็นหลัก ซึ่งเป็นผลให้ในพื้นที่ที่มีการจราจรติดขัดมีปริมาณของคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอนนอกไซด์สูง นอกจากนี้กระบวนการอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิดประเภท เตาเผาหรือหม้อต้มน้ำก็เป็นแหล่งที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์ ได้เช่นกัน

ผลต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีผลต่อมนุษย์ ไม่ปรากฏว่ามีผลต่อผิวของวัตถุ ไม่มีผลต่อพืช แม้จะมีความเข้มข้นสูงๆ ก็ตาม ก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์มีอันตรายต่อมนุษย์โดยตรงเพราะเมื่อร่างกายหายใจเอาก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนจากปอดไป เลี้ยงร่างกายได้ตามปกติ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสามารถในการรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 200-250 เท่า ลดปริมาณการนำส่งออกซิเจนสู่อวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกาย จะมีผลเสียอย่างมากต่อผู้ป่วยที่มีโรคเกี่ยวกับลิ้นหัวใจ สำหรับคนทั่วไปก็ได้รับผลกระทบด้วยจะทำให้เวียนศีรษะ ตาพร่ามัว หายใจอึดอัด คลื่นไส้อาเจียน เป็นลม หมดสติ ถ้าร่างกายรับเข้าไปในปริมาณมากอาจเสียชีวิตได้ แม้ว่าคาร์บอนมอนนอกไซด์จะไม่ได้ปล่อยออกมาในระดับสูง การเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนมอนนอกไซด์จะเกี่ยวข้องกับการเสื่อมของการมองเห็น ระดับความสามารถในการทำงานลดลง ทำให้เฉื่อยชา ความสามารถในการเรียนรู้ต่ำลง และความสามรถในการทำงานที่ซับซ้อนลดลง

ก๊าซไนตริกออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

สมบัติสารออกไซด์ของไนโตรเจน

1. ก๊าซไนตริคออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซไม่มีสี และกลิ่น จะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนเป็น ไนโตรเจนไดออกไซด์

2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นก๊าซสีน้ำตาลแกมแดงที่มีกลิ่นฉุน คล้ายคลอรีน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้ดี และอยู่ในอากาศได้เพียง 3 วันเท่านั้น การที่สามารถละลายน้ำได้ดีทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดฝนกรด โดยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในบรรยากาศ ได้เป็นกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดฝนกรด

แหล่งกำเนิด

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จะถูกปล่อยจากยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตเครื่องใช้ อิเล็กทรอนิค และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะมีสีน้ำตาลและทำให้สำลัก ซึ่งก๊าซนี้จะทำปฏิกริยากับโอโซนในอากาศได้ง่าย และกลายเป็นกรดไนตริกที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเช่นเดียวกับไนเตรดที่เป็นสารพิษ นอกจากนี้ไนโตรเจนออกไซด์ยังมีบทบาทสำคัญในการเกิดปฏิกริยาในชั้นบรรยากาศ ซึ่งผล ปฏิกริยานี้จะเกิดโอโซน (หรือหมอกควัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้เกิดการระคายเคืองในปอด และภูมิต้านทานของร่างกายต่ำลง ก๊าซชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดเป็นกรดไนตริคเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิต ถ้าร่างกายรับเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำอันตรายต่อปอดโดยตรง เช่น ทำให้ปอดอักเสบ เนื้องอกในปอด และทำให้หลอดลมตีบตัน และยังเป็นผลให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่นไข้หวัดใหญ่ ผลกระทบจากการปล่อยไนโตรเจนไดออกไซด์ในระยะสั้น ยังไม่เป็นที่แน่ชัดและสำหรับการปล่อยอย่างต่อเนื่องหรือถี่มาก ๆ ในลักษณะนี้ไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่พบในอากาศโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจอย่างรุนแรงในเด็ก

ไนโตรเจนไดออกไซด์มีช่วยทำให้เกิดโอโซน และสามารถส่งผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศทั้งบนพื้นดินและแหล่งน้ำ ไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนกรด และปรากฏการณ์ Eutrophication

โดยทั่วไปแล้ว NO ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น NO_2 แต่ยังไม่มีรายงานยืนยันว่าระดับของ NO ที่พบในอากาศโดยทั่วไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ สำหรับ NO_2 เมื่อหายใจเข้าไปแล้ว อาจทำให้เกิดความระคายเคืองในถุงลม ทำให้เกิดอาการคล้ายกับโรคหลอดลมตีบตันโดยเฉพาะในบุคคลที่เป็นโรคหืดอยู่แล้ว

2.3 วิธีการแยกส่วนประกอบ

เป็นวิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยการแยกส่วนประกอบข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตเป็น 4 ส่วน คือแยกเป็นแนวโน้ม (T) ความผันแปรตามวัฏจักร (C) ความผันแปรตามฤดูกาล (S) และความผันแปรที่ไม่แน่นอน (I) เพื่อพิจารณาว่าส่วนประกอบใดที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลบ้าง แล้วคำนวณหาอิทธิพลของแต่ละส่วนประกอบ แล้วนำค่าผันแปรของแต่ละส่วนไปพยากรณ์ค่าของข้อมูลในอนาคต โดยถือเสมือนว่าปัจจัยหรือสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคตเหมือนกับในอดีต

ในที่นี้จะให้ตัวแปรหรือข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นรูปแบบการคูณดังนี้

$$Y_t = T_t S_t C_t I_t \quad ; \quad t = 1, 2, \ldots$$

ขั้นตอนการแยกส่วนประกอบมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำนวณหาความผันแปรของฤดูกาล (Season Variation : S)

1.1 หาค่าเคลื่อนที่ (Moving Average : MA) ซึ่งเป็นการกำจัดอิทธิพลของฤดูกาล (S) และความผันแปรที่ไม่แน่นอน (I) ออกจากข้อมูล ดังนั้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จึงประกอบด้วยความผันแปร 2 ส่วน คือแนวโน้ม (T) และ ความผันแปรตามวัฏจักร (C) หรือ $MA = T \times C$

1.2 นำค่าเคลื่อนที่ (MA) ไปหารข้อมูล (Y) จะได้ค่า $S \times I$

$$\frac{Y}{MA} = \frac{Y}{T \times C} = S \times I$$

1.3 กำจัดค่า I ออกจาก $S \times I$ โดยการหาค่าเฉลี่ยของค่า $S \times I$ โดยไม่รวมค่า $S \times I$ ที่มีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของ $S \times I$ จะเป็นอิทธิพลของฤดูกาลของแต่ละช่วงเวลา (S)

2. คำนวณหาแนวโน้ม (Trend : T)

การคำนวณหาแนวโน้ม ให้ตัวแปรอิสระคือ เวลา (t) และตัวแปรตามคือแนวโน้ม ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มของตัวแปรหรือข้อมูลอนุกรมเวลาที่สนใจในในอนาคต

$$T = a + bt \quad \text{หรือ} \quad Y_t = a + bt$$

โดยที่ t = เวลา

ส่วนการหา a , b จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

3. คำนวณค่าความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical Variation : C)

เนื่องจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA) เป็นการกำจัดอิทธิพลของฤดูกาล และ ความผันแปรที่ไม่แน่นอนออกไป ดังนั้น MA จึงประกอบไปด้วยแนวโน้มและความผันแปรตามวัฏจักร

$$MA = T \times C$$

นำแนวโน้ม T จากขั้นที่ 2 มาหาร MA จะเหลือแต่ค่า C

4. คำนวณค่าความผันแปรที่ไม่แน่นอน (Irregular Variation : I)

นำค่า S , C และ T ไปหารข้อมูลอนุกรมเวลาจะได้ค่า I

$$I = \frac{Y}{T \times C \times S} = \frac{T \times C \times S \times I}{T \times C \times S}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average : MA)

จากขั้นตอนการแยกส่วนประกอบจะพบว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นส่วนที่สำคัญในการแยกความผันแปรของข้อมูลอนุกรมเวลาเป็น 4 ส่วน เนื่องจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ถูกกำจัดความผันแปรของฤดูกาลและความผันแปรที่ไม่แน่นอนออกไป

ข้อเหมือนระหว่างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว

1. การพิจารณาจำนวนข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย (k) จะให้ k เท่ากับ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี ถ้าจากข้อมูลพบว่ามีการเกิดอิทธิพลของฤดูกาลซ้ำๆกันในแต่ละเดือนของทุกปีจะหมายถึง 1 ฤดูกาล คือ 1 เดือน ดังนั้นใน 1 ปี จะมี 12 ฤดูกาล จะให้ k = 12 แต่ถ้าจากข้อมูลพบว่า 1 ปีมี 3 ฤดูกาล (1 ฤดูกาลมี 4 เดือน) จะทำให้ k = 3

การที่ให้ k เท่ากับจำนวนฤดูกาลใน 1 ปีนั้นจะเป็นการกำจัดอิทธิพลของฤดูกาลนั้นเอง

2. การคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จะต้องหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ใหม่โดยการนำข้อมูลใหม่เข้ามาคำนวณเพิ่ม 1 ค่า ในขณะเดียวกันจะต้องตัดข้อมูลที่ล้าสมัยที่สุดออกไป 1 ค่า เพื่อที่จะให้จำนวนข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ยยังคงเท่ากับ k ตามเดิม

ข้อแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว (S) จะอยู่ตำแหน่งสุดท้ายของข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย (k) โดยที่ t เท่ากับ ตำแหน่งข้อมูลใหม่สุดในจำนวน k ค่าที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

$$S_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \ldots + Y_{t-k-1}}{k}$$

เช่น k = 3 ; $S_3 = \frac{Y_3 + Y_2 + Y_1}{3}$

$S_4 = \frac{Y_4 + Y_3 + Y_2}{3}$ โดยนำ Y_4 เข้าและตัด Y_1 ออกไป

$S_5 = \frac{Y_5 + Y_4 + Y_3}{3}$ โดยนำ Y_5 เข้าและตัด Y_2 ออกไป

แต่ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (M_t) จะอยู่ตำแหน่งตรงกลางของข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย ดังนั้น t เท่ากับตำแหน่งหรือช่วงเวลาที่อยู่ตรงกลางของข้อมูล k ช่วงเวลา ซึ่งค่า t จะขึ้นอยู่กับค่า k ว่าเป็นเลขคู่หรือเลขคี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (M_t)

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (M_t) จะต้องพิจารณาค่า k ว่าเป็นเลขคี่หรือเลขคู่

1. กรณีที่ k เป็นเลขคี่

เมื่อ k เป็นเลขคี่ คือ k = 3 , 5 , ... ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (M_t) จะอยู่ที่ตำแหน่ง $\frac{k+1}{2}$ หรือ $t=\frac{k+1}{2}$ นั้นเอง ถ้าให้ n เท่ากับ จำนวนข้อมูลที่มีอยู่

เช่น k = 3 ; $M_t=\frac{Y_{t-1}+Y_t+Y_{t+1}}{3}$; t = 2 , 3 , ... , n – 1 (2.1)

หรือ k = 5 ; $M_t=\frac{Y_{t-2}+Y_{t-1}+Y_t+Y_{t+1}+Y_{t+2}}{5}$; t = 3 , 4 , ... , n-2 (2.2)

จากสมการที่ (2.1) เมื่อ k = 3 จะได้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (M_t) น้อยกว่าจำนวนข้อมูล (n) อยู่ 2 ค่า นั้นคือได้ค่า $M_2, M_3, ..., M_{n-1}$ หรือได้ค่า M_t เพียง n – 2 ค่า ในทำนองเดียวกันเมื่อ k = 5 จากสมการที่ (2.2) จะได้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ n – 4 ค่าคือ $M_3, M_4, ..., M_{n-2}$ หรือจำนวนข้อมูลลดลง 4 ค่านั้นเอง ดังนั้นถ้ากำหนดให้ k มีค่ามาก จะทำให้จำนวนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่น้อยกว่าจำนวนข้อมูลมากขึ้น นอกจากนั้นถ้า k มีค่ามากจะยิ่งทำให้กำจัดความผันแปรของฤดูกาลได้มากขึ้น ทำให้เห็นแนวโน้มชัดเจนมากขึ้น

2. กรณีที่ k เป็นเลขคู่

เมื่อจำนวนฤดูกาล (k) ใน 1 ปี เป็นเลขคู่ คือ k = 2 , 4 , 6 , ... ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ M_t จะอยู่ตำแหน่งที่ t + 0.5 เช่นถ้า 1 ปีมี 4 ฤดูกาล (1 ฤดูกาล = 3 เดือน) จะได้ k = 4 ดังนั้น

$$M_{2.5}=\frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4}{4}$$

$$M_{3.5}=\frac{Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{4}$$

$$M_{4.5}=\frac{Y_3+Y_4+Y_5+Y_6}{4}$$

$$\vdots$$

เนื่องจากค่า $M_{2.5}$ จะอยู่ระหว่างช่วงเวลาที่ 2 และ 3 ส่วน $M_{3.5}$ จะอยู่ระหว่างช่วงเวลาที่ 3 และ 4 ดังนั้นค่าเฉลี่ยของ $M_{2.5}$ และ $M_{3.5}$ จะอยู่ในช่วงเวลาที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_3 = \frac{M_{2.5} + M_{3.5}}{2}$$

ในทำนองเดียวกัน $$M_4 = \frac{M_{3.5} + M_{4.5}}{2}$$

$$\vdots$$

ถ้า k = 12 นั้นคือ 1 ปีมี 12 ฤดู หรือ 1 ฤดูยาว 1 เดือน

จะได้ $$M_{6.5} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \ldots + Y_{11} + Y_{12}}{12}$$

$$M_{7.5} = \frac{Y_2 + Y_3 + Y_4 + \ldots + Y_{12} + Y_{13}}{12}$$

$$M_{8.5} = \frac{Y_3 + Y_4 + Y_5 + \ldots + Y_{13} + Y_{14}}{12}$$

$$\vdots$$

นั้นคือ $$M_7 = \frac{M_{6.5} + M_{7.5}}{2}$$

$$M_8 = \frac{M_{7.5} + M_{8.5}}{2}$$

$$\vdots$$

2.3.2 ค่าแนวโน้ม (Trend : T)

แนวโน้มเป็นส่วนประกอบของข้อมูลที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวพอสมควรที่จะเห็นแนวโน้มของข้อมูลในอนาคตว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นการหา T จะต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 1 ปีขึ้นไป (ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือน) โดยเส้นที่แสดงแนวโน้มอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้

การวิเคราะห์แนวโน้มเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้ม (ค่าของข้อมูล T) กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (t) จะแบ่งความสัมพันธ์ของแนวโน้ม (T) กับเวลา t เป็นความสัมพันธ์ของแนวโน้มกับช่วงเวลาอยู่ในรูปเส้นตรง

ในกรณีที่แนวโน้ม (T) กับช่วงเวลา (t) สัมพันธ์กันในรูปเส้นตรง ดังนี้

$$T = a + bt \qquad (2.3)$$

a คือ ค่าของ T เมื่อ t = 0 ซึ่งคือจุดตัดแกน T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b = ความชันของเส้นตรงแสดงแนวโน้ม T ซึ่งหมายถึงค่า T ที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อ t เปลี่ยนไป 1 หน่วยเวลา

การสร้างสมการที่ (2.3) หรือการหาแนวโน้มในรูปเส้นตรง ทำได้หลายวิธีคือ

- วิธีกราฟ (Graph Method) เป็นวิธีคำนวณค่าแนวโน้มโดยการเขียนกราฟ ซึ่งกราฟจะต้องมีมาตราส่วนที่ถูกต้องเพื่อทำให้สามารถแสดงถึงแนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากที่สุดโดยการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

- วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) เป็นวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มกับเวลา โดยใช้ตัวแปรอิสระคือเวลา (t) และตัวแปรตามคือ ตัวแปรหรือข้อมูลอนุกรมเวลาที่เราสนใจ (Y) ซึ่งการหาค่า a และ b คือ

ให้ $Y_T = T_t = \beta_0 + \beta_1 t + e$

ค่าประมาณ $\hat{Y}_T = T_t = a + bt$

ค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าจริง (Y_T) ด้วยค่าประมาณ $\hat{Y}_T$ คือ

$$e_t = Y_T - \hat{Y}_T = T_t - \hat{T}_t$$

วิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะต้องหาค่า a และ b ที่ทำให้ $\sum e_t^2 = \sum \left(T_t - \hat{T}_t\right)^2$

$$b = \frac{\sum Yt - \left(\sum Y\right)\left(\sum t\right)}{\sum t^2 - \frac{\left(\sum t\right)^2}{n}} \qquad (2.4)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{t} \qquad (2.5)$$

การคำนวณหา b จะง่ายขึ้น ถ้าทำให้ $\sum t = 0$ สมการที่ (2.4) และ (2.5) จะได้เป็น

$$b = \frac{\sum Yt}{\sum t^2} \qquad (2.6)$$

$$a = \bar{Y} \qquad (2.7)$$

ประโยชน์ของการแยกส่วนประกอบข้อมูลอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ ซึ่งแยกข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 4 ส่วนนั้นทำให้สามารถทราบว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอาจจะเป็นฤดูกาลหรือวัฏจักรเป็นต้น นองจากนั้นยังสามารถนำแต่ละส่วนไปพยากรณ์ค่าของตัวแปรในระยะต่างๆ เช่น ส่วนของแนวโน้ม (T) ทำให้สามารถพยากรณ์ทิศทางของตัวแปรว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราเท่าใดในอนาคต จึงเป็นวิธีการพยากรณ์ในระยะยาว และระยะปานกลาง เช่น การวางแผนการผลิตของโรงงาน การวางแผนทางการเงิน โดยที่หน่วยเวลาควรเป็นปี

2.4 วิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ

การพยากรณ์โดยวิธีนี้ ถือเป็นเทคนิคการพยากรณ์โดยวิเคราะห์จากความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือความเป็นเหตุผลของตัวแปร ซึ่งจะมีตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไปดังนี้

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + ... + a_kX_k$$

โดย Y คือค่าของตัวแปรตาม

$X_1, X_2, ..., X_k$ คือค่าของตัวแปรอิสระตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k

$a_0, a_1, ..., a_k$ คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

2.4.1 การวิเคราะห์การถดถอยเมื่อมีตัวแปรเชิงคุณภาพ

ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายๆตัวนั้น ในบางครั้งจะพบว่าจะมีตัวแปรคุณภาพเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น รายจ่ายของคนอาจจะขึ้นอยู่กับรายได้และเพศ จะพบว่ารายจ่าย (Y) เป็นตัวแปรตามและเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ คือสามารถวัดค่าได้ และตัวแปรอิสระคือ รายได้ (X_1) ก็เป็นตัวแปรเชิงปริมาณเช่นกัน แต่เพศ (X_2) แบ่งเป็นเพศชาย หรือ หญิง ซึ่งไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ว่ามากหรือน้อย เพศจึงเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) การหาความสัมพันธ์ ระหว่างเพศกับรายจ่าย จะต้องมีการกำหนดค่าให้ตัวแปรเพศ (X_2) เช่น

$$X_2 = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเป็นชาย} \\ 0 & \text{ถ้าเป็นหญิง} \end{cases}$$

การกำหนดให้ X_2 มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 จะทำให้สามารถวัดค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X_2 ได้ง่าย

สำหรับตัวแปร X_2 จะเรียกว่า ตัวแปรเทียม (Dummy Variable) ดังนั้นตัวแปรเทียมจึงเป็นตัวแปรที่แสดงถึงค่าที่เป็นไปได้ของตัวแปรเชิงคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบางครั้งตัวแปรคุณภาพอาจมีมากกว่า 2 ระดับ เช่น Y แทนด้วยราคาขายสินค้า ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพสินค้าซึ่งมี 3 เกรด หรือ 3 ระดับ คือ เกรด 1 เกรด 2 และ เกรด 3 จะต้องกำหนดตัวแปรคุณภาพ 2 ตัวคือ

$$X_1=\begin{cases}1 & \text{ถ้าเป็นสินค้าเกรด 1}\\ 0 & \text{ถ้าเป็นสินค้าเกรดอื่นๆ}\end{cases} \qquad X_2=\begin{cases}1 & \text{ถ้าเป็นสินค้าเกรด 2}\\ 0 & \text{ถ้าเป็นสินค้าเกรดอื่นๆ}\end{cases}$$

เมื่อ $X_1=1, X_2=0$ จะหมายถึงสินค้าเกรด 1

$X_1=0, X_2=1$ จะหมายถึงสินค้าเกรด 2

$X_1=0, X_2=0$ จะหมายถึงสินค้าเกรด 3

2.4.2 ตัวแปรอิสระประกอบด้วยตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพ

บางครั้ง Y จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรหลายๆตัว ซึ่งตัวแปรอิสระบางตัวอาจเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และตัวแปรอิสระบางตัวอาจเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ เช่น รายได้ Y จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ (X_1) ซึ่งมีหน่วยเป็นปี และระดับการศึกษา ซึ่งมี 3 ระดับ โดยที่ประสบการณ์ (X_1) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ แต่ระดับการศึกษาเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ ซึ่งมี 3 ระดับ คือ สูงกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี และต่ำกว่าปริญญาตรี จึงต้องกำหนดตัวแปรแสดงระดับของระดับการศึกษา 2 ตัว คือ

$$X_2=\begin{cases}1 & \text{ถ้าจบสูงกว่าปริญญาตรี}\\ 0 & \text{ถ้าจบระดับอื่นๆ}\end{cases} \qquad X_3=\begin{cases}1 & \text{ถ้าจบปริญญาตรี}\\ 0 & \text{ถ้าจบระดับอื่นๆ}\end{cases}$$

สมการถดถอยซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_1, X_2, X_3 คือ

$$Y=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\beta_3X_3+e$$

ค่าประมาณของ Y แทนด้วย $Y=a+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$

1. เมื่อ $X_2=1, X_3=0$ หมายถึงผู้ที่จบการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี

ดังนั้น รายได้เฉลี่ยของผู้ที่จบสูงกว่าปริญญาตรี $=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2(1)+\beta_3(0)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อ $X_2 = 0, X_3 = 1$ หมายถึงผู้ที่จบปริญญาตรี

ดังนั้น รายได้เฉลี่ยของผู้ที่จบปริญญาตรี $= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 (0) + \beta_3 (1)$

$$= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 \quad (2.9)$$

3. เมื่อ $X_2 = 0, X_3 = 0$ หมายถึงผู้ที่จบการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี

ดังนั้น รายได้เฉลี่ยของผู้ที่จบต่ำกว่าปริญญาตรี $= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 (0) + \beta_3 (0)$

$$= \beta_0 + \beta_1 X_1 \quad (2.10)$$

เมื่อตัวแปรเชิงคุณภาพมีค่าที่เป็นไปได้ k ค่า หรือ k ระดับ จะต้องกำหนดตัวแปรเทียม (Dummy Variable) จำนวน k – 1 ตัว และสัมประสิทธิ์ความถดถอยของตัวแปรเทียมจะเป็นค่าที่แสดงผลต่างของค่าเฉลี่ยของ Y เมื่อตัวแปรเทียมมีค่าต่างๆ กับเมื่อตัวแปรเทียมทุกตัวมีค่าเป็นศูนย์

2.5 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm ; GA) เป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการค้นหา การเพิ่มประสิทธิภาพ และการเรียนรู้ ด้วยการเลียนแบบทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีจุดเด่นในด้านการทนทานต่อความผิดพลาดในการค้นหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลที่มีความซับซ้อนและยากที่จะสร้างแบบจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่การจัดตารางเวลา การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบท่อส่งก๊าซ เป็นต้น โดยหลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการตามธรรมชาติ เพื่อพัฒนาหรือทำการวิวัฒนาการคำตอบที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา

ทฤษฎีวิวัฒนาการของ Charles Darwin

โดยทฤษฎีของ Darwin กล่าวถึงอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมและการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดความหลากหลายของสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งสายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากและมีโอกาสถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปสู่ลูกหลานรุ่นต่อไป ในขณะที่สายพันธุ์ที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะมีโอกาสอยู่รอดได้น้อยและมีโอกาสสูญพันธุ์ไปในที่สุด โดยกระบวนการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมนี้เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

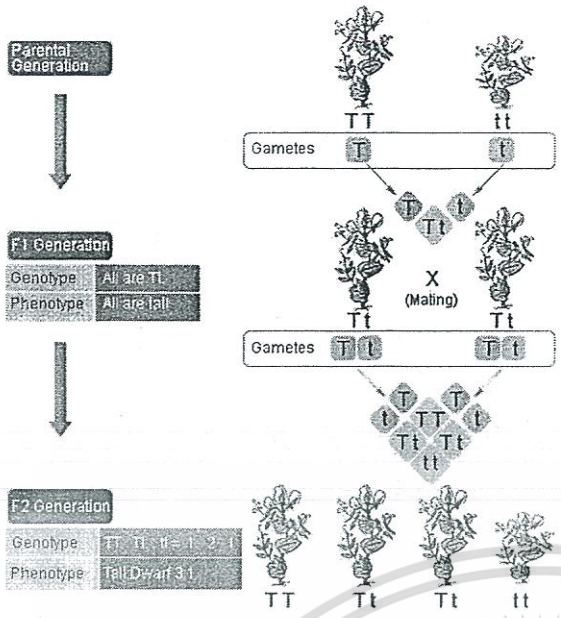
กระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) เช่น การศึกษานกที่อาศัยอยู่ในแหล่งอาหารที่แตกต่างกันจะพบว่ามีการวิวัฒนาการลักษณะของปากเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของอาหารตามสภาพแวดล้อมของนกสายพันธุ์นั้น (รูปที่ 2.5)

ทฤษฎีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของ Gregor Mendel

Gregor Mendel ได้เสนอทฤษฎีการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม จากการศึกษาความแตกต่างในสายพันธุ์ของพืช การเกิดลักษณะพันทาง (Hybrids) จากการผสมพันธุ์พืชสายพันธุ์เดียวกันและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในการเพาะต้นถั่ว จากการศึกษาพบว่าลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลาน เช่น รูปร่างและสีของดอกไม้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะเด่น (Dominant Characters) กับลักษณะด้อย (Recessive Characters) ซึ่งการเกิดลักษณะทางพันธุกรรมในรุ่นลูกหลานเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของรุ่นพ่อแม่ผ่านกระบวนการสืบพันธุ์ โดยมีอัตราการเกิดลักษณะต่างๆที่คงที่และสามารถคำนวณโอกาสในการเกิดลักษณะนั้นล่วงหน้าได้ เช่น การผสมพันธุ์พืชสายพันธุ์เดียวกันที่มีลักษณะสูงกับลักษณะแคระจะให้โอกาสเกิดต้นแคระ 1 ใน 4 ของรุ่นหลานที่ 2 (รูปที่ 2.6)

รูปที่ 2.5 วิวัฒนาการของปากนกตามลักษณะของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

หลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ความสำเร็จของกระบวนการวิวัฒนาการในธรรมชาติในการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม การกลายพันธุ์เพื่อเปิดโอกาสในการพัฒนาสายพันธุ์ และการอยู่รอดของเผ่าพันธุ์ด้วยการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงการส่งต่อลักษณะทางพันธุกรรมของเผ่าพันธุ์ที่เหมาะสมในลักษณะของการถ่ายทอดและผสมยีนของรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกหลาน ได้กลายเป็นแรงบันดาลใจของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นแนวคิดริเริ่มโดย John Holland ในการค้นหาคำตอบ ในการแก้ปัญหาด้วยการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ

จุดเด่นของการค้นหาด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม คือความยืดหยุ่นและความทนทานต่อการผิดพลาดและความแตกต่างของแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ โดยทั่วไปแล้วการแก้ปัญหาและการค้นหาคำตอบจากชุดข้อมูลด้วยกระบวนการค้นหาและทำให้มีผลดีที่สุดแบบดั้งเดิม (Conventional Search and Optimization Techniques) สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ การค้นหาด้วยหลักการแคลคูลัส (Calculus Based Search) การค้นหาแบบแจกแจงทีละข้อมูล (Enumerative Search) และการค้นหาแบบสุ่ม (Random Search) ซึ่งแต่ละแบบมีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะสำหรับชุดข้อมูลที่ต้องการค้นหาคำตอบ

กระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นการเลียนแบบวิวัฒนาการของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาในรูปของยีนและโครโมโซม และการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในกระบวนการวิวัฒนาการชุดคำตอบ จากนั้นจะกำหนดชุดคำตอบชุดแรก (Initial Generation) ในรูปของโครโมโซมด้วยการสุ่มและนำชุดคำตอบนั้นเข้าสู่กระบวนการวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องที่ประกอบด้วยตัวดำเนินการ (Operator) ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) กับการกลายพันธุ์ (Mutation) และนำไปประเมินความเหมาะสมด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดยีนและโครโมโซมในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มักกำหนดในรูปของแถวของอักขระ (String of Alphabet) หรือแถวของเลขฐานสอง (Binary) เทียบเท่ากับแถวโครโมโซมที่ประกอบด้วยยีนย่อยๆ ในลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ การกำหนดโครโมโซมอย่างง่ายในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมักกำหนดเป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสอง เช่น {100101} โดยตำแหน่งของยีนแต่ละโครโมโซมจะแทนลักษณะขององค์ประกอบย่อยของชุดคำตอบของปัญหา ซึ่งโครงสร้างของโครโมโซมและชุดคำตอบที่ถอดรหัสจากโครโมโซมมาแล้วจะเทียบได้กับ Genotype และ Phenotype ตามลำดับ ตามทฤษฎีของ Mendel อย่างไรก็ดีการกำหนดยีนและโครโมโซม สามารถกำหนดในรูปแบบอื่นได้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างขององค์ประกอบย่อยของคำตอบและลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้ เช่น อาจกำหนดโครโมโซมเป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสิบ หรืออาจกำหนดโครงสร้างของโครโมโซมเป็น Matrix ของยีนที่เป็นตัวเลขหรือตัวอักษร ตามความต้องการและลักษณะของปัญหาตัวอย่างของการกำหนดยีนและโครโมโซมเพื่อใช้แสดงค่าของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ในช่วงจำนวนเต็ม $x = [0,31]$ สามารถแสดงได้โดยโครโมโซมที่เป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 5 หลัก ตามตัวอย่างดังนี้

โครโมโซม	$f(x) = x^2$
01101	169
11000	576
01000	64
10011	361
01100	144
11001	625
11011	729
10000	256

2. ตัวดำเนินการ (Operator) ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ประกอบด้วยตัวดำเนินการหลัก ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยมีลำดับการนำไปใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ตาม Pseudo Code ในรูปที่ 2.7 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Genetic Algorithm Pseudo Code
Begin
Set generation g = 0;
Initialize population;
While termination condition is not met, do
        Begin
        Evaluate fitness;
        Select most fit individuals for reproduction;
        Crossover genes from selected individuals;
        Mutation based on probability;
        Replace weak candidates with better offsprings;
        Set generation g = g + 1;
        End
End
```

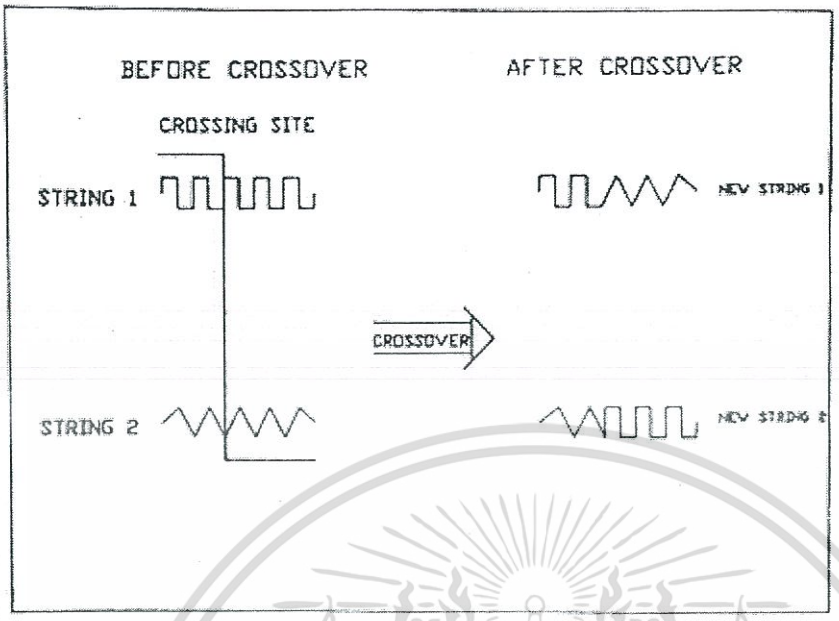
รูปที่ 2.7 Pseudo Code สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

การลือบพันธุ์ (Reproduction) เป็นการสร้างประชากรใหม่ด้วยการสำเนาซ้ำจากการคัดเลือกประชากรชุดเดิม ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นตามคะแนนความเหมาะสมที่ได้จากการประเมินด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) ซึ่งเป็นการเลียนแบบกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) โดยสายพันธุ์ตามธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมากกว่าจะมีโอกาสในการอยู่รอดและสืบทอดสายพันธุ์ได้มากกว่า วิธีการทั่วไปที่ใช้สำหรับการคัดเลือกประชากรในกระบวนการสืบพันธุ์ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ได้แก่ การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel คือวิธีการสุ่มเลือกด้วยการกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามสัดส่วนของคะแนนความเหมาะสมของประชากรจากผลรวมคะแนนทั้งหมด การคัดเลือกแบบ Tournament คือการสุ่มจับคู่เปรียบเทียบจากกลุ่มประชากรและคัดเลือกผู้ชนะจากการเปรียบเทียบนั้น และการคัดเลือกแบบ Linear Ranking คือการจัดอันดับคะแนนความเหมาะสมของประชากรและกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามการจัดอันดับนั้น

การผสมยีน (Crossover) เป็นการนำเอาโครโมโซมในประชากรที่ได้จากการสืบพันธุ์มาจับคู่และผสมยีนระหว่างกันให้ได้โครโมโซมใหม่เพื่อหาลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ที่มีความเหมาะสมดีกว่า วิธีการผสมยีนที่นิยมใช้คือการผสมยีนแบบจุดเดียว (Single – Point Crossover) คือการสุ่มเลือกจุดผสมยีนเพียงจุดเดียว และสลับยีนระหว่างคู่โครโมโซมพ่อแม่เพื่อให้ได้โครโมโซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูก ตามรูปที่ 2.8 นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่นในการผสมยีน เช่น การผสมยีนแบบสองจุด (Two – Point Crossover) และการผสมยีนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Crossover) เป็นต้น



รูปที่ 2.8 การผสมยีนแบบจุดเดียว

การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมความสมบูรณ์ของการผสมยีน เนื่องจากถึงแม้ว่าการคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีในกระบวนการสืบพันธุ์และผสมแลกเปลี่ยนยีน จะสามารถสร้างโครโมโซมใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมดีขึ้นกว่าเดิมได้ แต่กระบวนการดังกล่าวเป็นการอาศัยข้อมูลจากโครโมโซมเดิมที่มีอยู่แล้ว และอาจไม่สามารถค้นพบโครโมโซมที่ดีกว่าภายนอกข้อมูลในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ การกลายพันธุ์เป็นการช่วยให้สามารถค้นพบคำตอบที่อาจไม่มีข้อมูลอยู่ในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ด้วยการสุ่มเปลี่ยนยีนโครโมโซมในอัตราความน่าจะเป็นที่ค่อนข้างต่ำ

3. การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นการกำหนดเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของโครโมโซม ฟังก์ชันความเหมาะสมอยู่ในรูปแบบที่สามารถคำนวณได้ด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น ฟังก์ชันเชิงเส้น หรือฟังก์ชันเมทริกซ์ โดยใช้ข้อมูลจากโครโมโซม ได้แก่ ยีน และตำแหน่งของยีนโครโมโซม นอกจากนี้ฟังก์ชันความเหมาะสมยังสามารถรวมการคำนวณข้อจำกัด (Constraints) เช่น ค่าใช้จ่ายและทรัพยากรอื่นที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การเกิดก๊าซเรือนกระจกบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์

ในการวิจัยของ O. Badr & S.D. Probert. [2] นำเสนอการทำปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ของก๊าซต่างๆ จากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซเริ่มต้นแล้วได้ผลลัพธ์เป็นก๊าซต่างๆ โดยส่วนหนึ่งได้เป็นก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และ โอโซน

1. การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

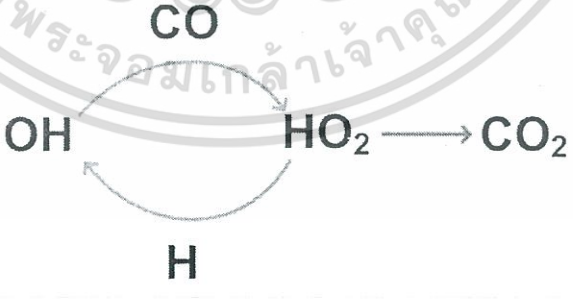
เริ่มต้นจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ทำปฏิกิริยากับอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) [3] ในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจน (H) จากนั้นไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดเปอร์ออกซีไฮดรอกซิลราดิคัล (HO_2) และก๊าซไฮโดรเจนได้ทำปฏิกิริยากับเปอร์ออกซีไฮดรอกซิลราดิคัล ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลอีกครั้ง โดยเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้

$$CO + OH \rightarrow CO_2 + H \tag{2.11}$$

$$H + O_2 \rightarrow HO_2 \tag{2.12}$$

$$H + HO_2 \rightarrow 2OH \tag{2.13}$$

จากสมการ (2.11) – (2.13) ได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งสามารถเขียนเป็นวัฏจักร (John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis, 2006) ได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3)

จะเริ่มจากสมการที่ (2.11) และ (2.12) จากนั้นเปอร์ออกซีไฮดรอกซิลราดิคัลจะไปทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ (NO) ทำให้เกิด ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เมื่อ ไนโตรเจนไดออกไซด์เจอรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จะแตกตัวออกมาเป็นไนตริกออกไซด์กับก๊าซออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (O) โดยออกซิเจนอะตอมเดี่ยวทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3) ดังนั้นจากปฏิกิริยาทำให้ได้ก๊าซโอโซน โดยเขียนสมการเคมีได้ดังนี้

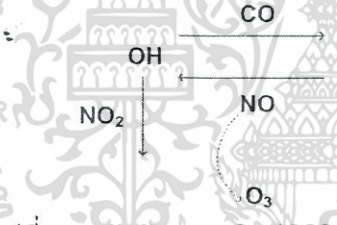
$$HO_2 + NO \rightarrow NO_2 + OH \qquad (2.14)$$

$$NO_2 \xrightarrow{uv} NO + O \qquad (2.15)$$

$$O + O_2 \rightarrow O_3 \qquad (2.16)$$

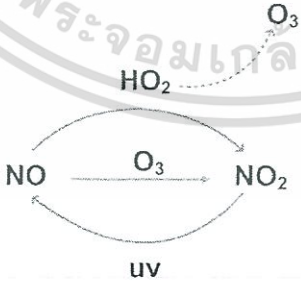
$$HO_2 + O_3 \rightarrow OH + 2O_2 \qquad (2.17)$$

จากสมการ (2.11) – (2.17) ได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3) ซึ่งสามารถเขียนเป็นวัฏจักรได้ดังนี้



รูปที่ 2.10 วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน

โดยรูปที่ 2.10 มาจากสมการที่ (2.11) – (2.14) และรูปที่ 2.11 มาจากสมการที่ (2.14) – (2.17)



รูปที่ 2.11 วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน

3. การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้การเกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

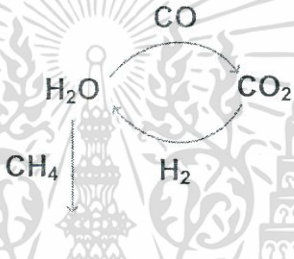
เริ่มต้นจาก ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ทำปฏิกิริยากับไอน้ำ (H_2O) ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กับก๊าซไฮโดรเจน (H_2) จากนั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งก๊าซทั้งสองเมื่อทำปฏิกิริยากันเองจะทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) กับไอน้ำ ดังสมการ

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (2.18)$$

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O \quad (2.19)$$

$$CO + 3H_2 \rightarrow H_2O + CH_4 \quad (2.20)$$

จากสมการ (2.18) – (2.20) ได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีการเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งสามารถเขียนเป็นวัฏจักรได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วัฏจักรการเกิดปฏิกิริยาเคมีการเกิดก๊าซมีเทน

2.6.2 การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์เพื่อหาค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ในงานวิจัยของ C.J.S.C Burger เป็นการพยากรณ์ปริมาณนักท่องเที่ยวจากประเทศแอฟริกาใต้ที่จะไปท่องเที่ยวในประเทศอเมริกา ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 ถึง ค.ศ. 1998 และใช้วิธีพยากรณ์หลายวิธี เช่น วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีวิเคราะห์การถดถอย เพื่อทำการเปรียบเทียบวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยใช้ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) เป็นตัวเปรียบเทียบซึ่งวิธีใดที่มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดก็จะถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด โดยผลที่ได้ วิธีวิเคราะห์การถดถอย มีค่า MAPE อยู่ที่ 7.2 และวิธีแยกส่วนประกอบ มีค่า MAPE อยู่ที่ 20.56 ดังนั้นวิธีวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีที่ดีกว่าวิธีแยกส่วนประกอบ

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำแนวคิดของ C.J.S.C Burger ในการเปรียบเทียบวิธีเพื่อหาวิธีพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และนำวิธีที่ดีที่สุดมาพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และ ก๊าซมีเทน ตั้งแต่ปี 2013 – 2020 เพื่อดูแนวโน้มของก๊าซที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของพื้นที่ที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงสมการเคมีของการเกิดก๊าซเรือนกระจกบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ให้อยู่ในรูปแบบของระบบสมการทางคณิตศาสตร์ และการแสดงข้อมูลของก๊าซเรือนกระจกที่จะนำมาใช้การพยากรณ์

3.1 ความสัมพันธ์ของก๊าซที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ในระบบปิด

ในการศึกษาพฤติกรรมของก๊าซของงานวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาในระบบปิด หมายถึง กำหนดให้มีปริมาณก๊าซที่อยู่ในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์เท่านั้น โดยจะไม่รวมกับก๊าซในชั้นบรรยากาศอื่นๆและปริมาณก๊าซที่ลอยขึ้นมาจากพื้นผิวของโลกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ เพราะในงานวิจัยนี้จะศึกษาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นก๊าซเริ่มต้น เมื่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ทำปฏิกิริยาทางเคมีจนหมด และทุกก๊าซที่เกี่ยวข้องเข้าสู่สภาวะสมดุล แล้วก๊าซเรือนกระจกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นหากปริมาณของก๊าซทุกตัวที่เกี่ยวข้องไม่คงที่ จะไม่สามารถดูพฤติกรรมของก๊าซได้อย่างชัดเจน

ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการเปลี่ยนจากสมการเคมีให้กลายเป็นรูปแบบของระบบสมการทางคณิตศาสตร์ โดยจะยกตัวอย่างเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ดังนี้

$$A + B \xrightarrow{m} C + D \tag{3.1}$$

ในสมการเคมีที่ (3.1) จะมี A และ B เป็นก๊าซเริ่มต้น และเมื่อทำปฏิกิริยากันทำให้ได้ผลลัพธ์ของก๊าซเป็น C และ D โดยมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาคือ m ซึ่งเมื่อนำสมการ (3.1) มาเขียนเป็นระบบสมการทางคณิตศาสตร์โดยเทียบกับเวลา (t) จะได้ดังนี้

$$\frac{d[A]}{dt} = -m[A][B] \tag{3.2}$$

$$\frac{d[B]}{dt} = -m[A][B] \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{d[C]}{dt} = m[A][B] \tag{3.4}$$

$$\frac{d[D]}{dt} = m[A][B] \tag{3.5}$$

ในสมการที่ (3.2) และ (3.3) หมายถึงปริมาณที่ลดลงของ A และ B เพราะต้องใช้ปริมาณของ A และ B ที่จะทำให้เกิดปริมาณก๊าซ C และ D ดังนั้นจึงมีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงถึงปริมาณที่ลดลง โดยมี m เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นถ้า m มีค่ามาก หมายถึงจะใช้ปริมาณของ A และ B มาก แต่ถ้า m มีค่าที่น้อย หมายถึงจะใช้ปริมาณของ A และ B น้อย ส่วนสมการที่ (3.4) และ (3.5) หมายถึงปริมาณที่เพิ่มขึ้นของ C และ D ซึ่งจะต้องข้ามกับสมการที่ (3.2) และ (3.3) ดังนั้นจึงมีเครื่องหมายบวก

ส่วนต่อมาจะกล่าวถึงการเปลี่ยนสมการเคมีของการเกิดปฏิกิริยาบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ให้เป็นระบบสมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเราจะใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา เพื่อดูพฤติกรรมของก๊าซต่างๆ เมื่อเวลาผ่านไปดังนี้

1. การเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

จากสมการที่ (2.11) , (2.12) และ (2.13) นำอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีมาใส่ในแต่ละสมการแล้วนำมาทำเป็นระบบสมการทางคณิตศาสตร์โดย k_1, k_2, k_3 คืออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสมการที่ (2.11) – (2.13) ตามลำดับ

สมการเคมี $CO + OH \xrightarrow{k_1} CO_2 + H$

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_1[CO_2][H] \tag{3.6}$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = -k_1[CO_2][H] \tag{3.7}$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = k_1[CO][OH] \tag{3.8}$$

$$\frac{d[H]}{dt} = k_1[CO][OH] \tag{3.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการเคมี $H + O_2 \xrightarrow{k_2} HO_2$

$$\frac{d[H]}{dt} = -k_2[H][O_2] \quad (3.10)$$

$$\frac{d[O_2]}{dt} = -k_2[H][O_2] \quad (3.11)$$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = k_2[H][O_2] \quad (3.12)$$

สมการเคมี $HO_2 + H \xrightarrow{k_3} 2OH$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = -k_3[HO_2][H] \quad (3.13)$$

$$\frac{d[H]}{dt} = -k_3[HO_2][H] \quad (3.14)$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = k_3[HO_2][H] \quad (3.15)$$

ดังนั้นเมื่อรวมความสัมพันธ์ทั้งหมดของการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลของสมการ (3.6) ถึง (3.15) มาทำเป็นระบบทางคณิตศาสตร์จะได้ว่า

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_1[CO][OH]$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = -k_1[CO][OH] + k_3[HO_2][H]$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = k_1[CO][OH]$$

$$\frac{d[H]}{dt} = k_1[CO][OH] - k_2[H][O_2] - k_3[HO_2][H]$$

$$\frac{d[O_2]}{dt} = -k_2[H][O_2]$$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = k_2[H][O_2] - k_3[HO_2][H]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3)

จากสมการที่ (2.11) , (2.12) , (2.14) , (2.15) , (2.16) และ (2.17) นำอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีมาใส่ในแต่ละสมการ แล้วนำมาทำเป็นระบบสมการทางคณิตศาสตร์โดย $k_1, k_2, k_4, k_5, k_6, k_7$ คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสมการที่ (2.11) , (2.12) , (2.14) – (2.17) ตามลำดับซึ่งจะมีสมการที่ (3.6) ถึง (3.12) เป็นสมการเริ่มต้นเหมือนกับการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

สมการเคมี $HO_2 + NO \xrightarrow{k_4} NO_2 + OH$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = -k_4[HO_2][NO] \tag{3.16}$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = -k_4[HO_2][NO] \tag{3.17}$$

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = k_4[HO_2][NO] \tag{3.18}$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = k_4[HO_2][NO] \tag{3.19}$$

สมการเคมี $NO_2 \xrightarrow{k_5} NO + O$

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = -k_5[NO_2] \tag{3.20}$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = k_5[NO_2] \tag{3.21}$$

$$\frac{d[O]}{dt} = k_5[NO_2] \tag{3.22}$$

สมการเคมี $O + O_2 \xrightarrow{k_6} O_3$

$$\frac{d[O]}{dt} = -k_6[O][O_2] \tag{3.23}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{d[O_2]}{dt} = -k_6[O][O_2] \tag{3.24}$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_6[O][O_2] \tag{3.25}$$

สมการเคมี $HO_2 + O_3 \xrightarrow{k_7} OH + 2O_2$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = -k_7[HO_2][O_3] \tag{3.26}$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = -k_7[HO_2][O_3] \tag{3.27}$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = k_7[HO_2][O_3] \tag{3.28}$$

$$\frac{d[O_2]}{dt} = k_7[HO_2][O_3] \tag{3.29}$$

ดังนั้นเมื่อรวมความสัมพันธ์ทั้งหมดของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซโอโซน ตั้งแต่สมการ (3.6) ถึง (3.12) และ (3.16) ถึง (3.29) มาทำเป็นระบบทางคณิตศาสตร์จะได้ว่า

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_1[CO][OH]$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = -k_1[CO][OH] + k_4[HO_2][NO] + k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = k_1[CO][OH]$$

$$\frac{d[H]}{dt} = k_1[CO][OH] - k_2[H][O_2]$$

$$\frac{d[O_2]}{dt} = -k_2[H][O_2] - k_6[O][O_2] + k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = k_2[H][O_2] - k_3[HO_2][H] - k_4[HO_2][NO] - k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = -k_4[HO_2][NO] + k_5[NO_2]$$

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = k_4[HO_2][NO] - k_5[NO_2]$$

$$\frac{d[O]}{dt} = k_5[NO_2] - k_6[O][O_2]$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_6[O][O_2] - k_7[HO_2][O_3]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

จากสมการที่ (2.18) – (2.20) นำอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีมาใส่ในแต่ละสมการ แล้วนำมาทำเป็นระบบสมการทางคณิตศาสตร์โดย k_8, k_9, k_{10} คืออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสมการที่ (2.18) – (2.20) ตามลำดับ

สมการเคมี $CO + H_2O \xrightarrow{k_8} CO_2 + H_2$

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_8[CO][H_2O] \tag{3.30}$$

$$\frac{d[H_2O]}{dt} = -k_8[CO][H_2O] \tag{3.31}$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = k_8[CO][H_2O] \tag{3.32}$$

$$\frac{d[H_2]}{dt} = k_8[CO][H_2O] \tag{3.33}$$

สมการเคมี $CO_2 + 4H_2 \xrightarrow{k_9} CH_4 + 2H_2O$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = -k_9[CO_2][H_2]^4 \tag{3.34}$$

$$\frac{d[H_2]}{dt} = -k_9[CO_2][H_2]^4 \tag{3.35}$$

$$\frac{d[CH_4]}{dt} = k_9[CO_2][H_2]^4 \tag{3.36}$$

$$\frac{d[H_2O]}{dt} = k_9[CO_2][H_2]^4 \tag{3.37}$$

หมายเหตุ : $4H_2$ หมายถึงมี H_2 อยู่ 4 ตัว ดังนั้นเมื่ออยู่ในระบบสมการคณิตศาสตร์จึงยกกำลัง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการเคมี $CO + 3H_2 \xrightarrow{k_{10}} H_2O + CH_4$

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_{10}[CO][H_2]^3 \tag{3.38}$$

$$\frac{d[H_2]}{dt} = -k_{10}[CO][H_2]^3 \tag{3.39}$$

$$\frac{d[H_2O]}{dt} = k_{10}[CO][H_2]^3 \tag{3.40}$$

$$\frac{d[CH_4]}{dt} = k_{10}[CO][H_2]^3 \tag{3.41}$$

หมายเหตุ : $3H_2$ หมายถึงมี H_2 อยู่ 3 ตัว ดังนั้นเมื่ออยู่ในระบบสมการคณิตศาสตร์จึงยกกำลัง 3

ดังนั้นเมื่อรวมความสัมพันธ์ทั้งหมดของการเกิดก๊าซมีเทนตั้งแต่สมการ (3.30) ถึง (3.41) มาทำเป็นระบบทางคณิตศาสตร์จะได้ว่า

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_8[CO][H_2O] - k_{10}[CO][H_2]^3$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = k_8[CO][H_2O] - k_9[CO_2][H_2]^4$$

$$\frac{d[CH_4]}{dt} = k_9[CO_2][H_2]^4 + k_{10}[CO][H_2]^3$$

$$\frac{d[H_2O]}{dt} = -k_8[CO][H_2O] + k_9[CO_2][H_2]^4 + k_{10}[CO][H_2]^3$$

$$\frac{d[H_2]}{dt} = k_8[CO][H_2O] - k_9[CO_2][H_2]^4$$

เมื่อนำสมการทั้งหมดมารวมกันจะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{d[CO]}{dt} = -k_1[CO][OH] - k_8[CO][H_2O] - k_{10}[CO][H_2]^3$$

$$\frac{d[OH]}{dt} = -k_1[CO][OH] + k_3[HO_2][H] + k_4[HO_2][NO] + k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = k_1[CO][OH] + k_8[CO][H_2O] - k_9[CO_2][H_2]^4$$

$$\frac{d[H]}{dt} = k_1[CO][OH] - k_2[H][O_2] - k_3[HO_2][H]$$

$$\frac{d[O_2]}{dt} = -k_2[H][O_2] - k_6[O][O_2] + k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[HO_2]}{dt} = k_2[H][O_2] - k_3[HO_2][H] - k_4[HO_2][NO] - k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = -k_4[HO_2][NO] + k_5[NO_2]$$

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = k_4[HO_2][NO] - k_5[NO_2]$$

$$\frac{d[O]}{dt} = k_5[NO_2] - k_6[O][O_2]$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = k_6[O][O_2] - k_7[HO_2][O_3]$$

$$\frac{d[CH_4]}{dt} = k_9[CO_2][H_2]^4 + k_{10}[CO][H_2]^3$$

$$\frac{d[H_2O]}{dt} = -k_8[CO][H_2O] + k_9[CO_2][H_2]^4 + k_{10}[CO][H_2]^3$$

$$\frac{d[H_2]}{dt} = k_8[CO][H_2O] - k_9[CO_2][H_2]^4$$

การหาผลเฉลยจะกล่าวต่อไปในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจาก กรมควบคุมมลพิษ ในพื้นที่สนามกีฬาเทศบาล แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี มีก๊าซอยู่ 3 ชนิด คือ ก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซมีเทน โดยใช้ข้อมูลจากปี 2008 – 2011 ซึ่งทำข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบข้อมูลก๊าซในแต่ละเดือนมีความเข้มข้นในหน่วยของหนึ่งในล้านส่วน (ppm) สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และ ก๊าซมีเทน และ ความเข้มข้น หนึ่งในพันล้านส่วน (ppb) สำหรับก๊าซโอโซนดังนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลปี 2008 – 2011 ที่ใช้ในการพยากรณ์ปีค.ศ. 2012

เดือน / ปี	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	ก๊าซโอโซน (ppb)	ก๊าซมีเทน (ppm)
1 / 2008	0.58	31.04	2.28
2 / 2008	0.56	27.62	2.14
3 / 2008	0.38	25.52	1.89
4 / 2008	0.33	22.18	2.00
5 / 2008	0.20	19.58	1.90
6 / 2008	0.28	13.05	1.91
7 / 2008	0.27	13.35	1.82
8 / 2008	0.31	12.08	1.91
9 / 2008	0.26	13.21	1.92
10 / 2008	0.42	16.56	2.28
11 / 2008	0.51	23.19	2.26
12 / 2008	0.55	27.18	1.96
1 / 2009	0.64	30.73	1.91
2 / 2009	0.46	25.78	1.88
3 / 2009	0.34	24.48	1.89
4 / 2009	0.27	28.42	1.89
5 / 2009	0.27	21.01	1.85
6 / 2009	0.29	13.87	1.70
7 / 2009	0.26	15.68	1.77
8 / 2009	0.24	19.73	1.86
9 / 2009	0.21	16.67	1.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 / 2009	0.32	17.37	1.93
11 / 2009	0.31	25.63	2.17
12 / 2009	0.39	27.61	2.16
1 / 2010	0.35	27.75	2.18
2 / 2010	0.23	24.08	1.91
3 / 2010	0.36	32.12	1.91
4 / 2010	0.13	22.46	1.81
5 / 2010	0.29	18.59	1.91
6 / 2010	0.22	15.35	1.64
7 / 2010	0.22	15.01	1.79
8 / 2010	0.19	13.93	1.81
9 / 2010	0.20	14.65	1.85
10 / 2010	0.46	18.75	2.14
11 / 2010	0.73	30.48	2.12
12 / 2010	0.74	27.22	2.08
1 / 2011	0.51	33.84	1.39
2 / 2011	0.64	25.36	0.96
3 / 2011	0.73	30.59	1.44
4 / 2011	0.70	26.87	1.99
5 / 2011	0.47	20.37	2.01
6 / 2011	0.40	15.53	1.84
7 / 2011	0.25	12.28	1.70
8 / 2011	0.41	11.83	1.78
9 / 2011	0.37	11.62	1.84
10 / 2011	0.42	17.28	2.26
11 / 2011	0.45	24.35	1.93
12 / 2011	0.82	34.44	1.92

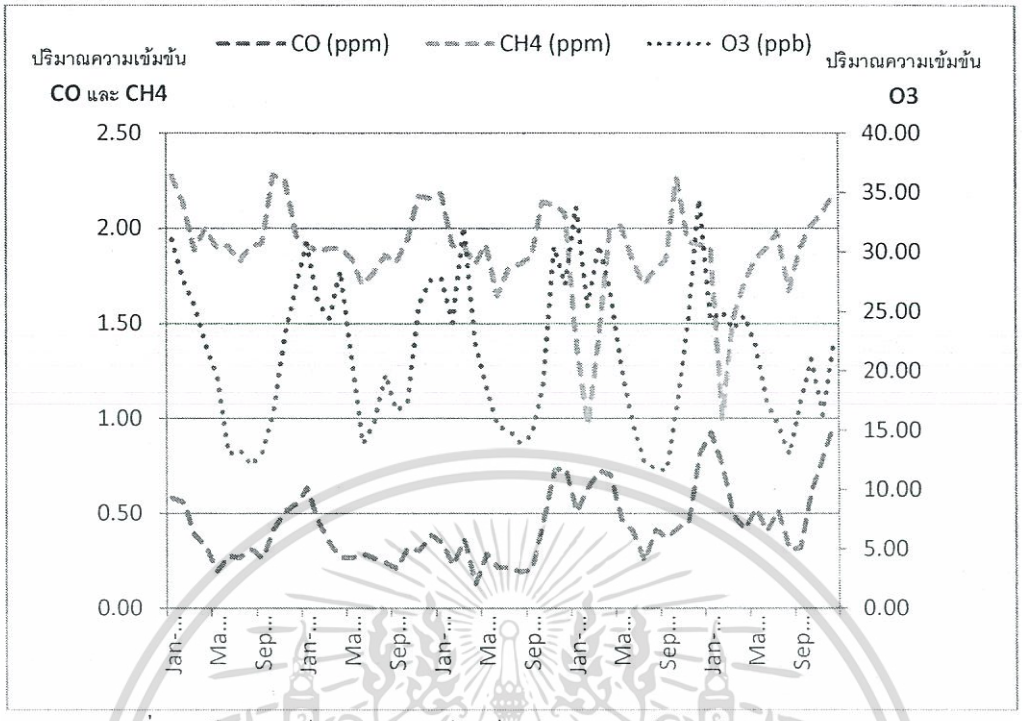
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งข้อมูลปีค.ศ. 2008 – 2011 จะนำมาพยากรณ์ในปี ค.ศ. 2012 และนำค่าที่พยากรณ์ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงปี ค.ศ. 2012 เพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดของวิธีพยากรณ์ทั้งวิธีการแยกส่วนประกอบ (Decomposition) และ วิธีวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าสัมประสิทธิ์ (Multiple Regression using Genetic Algorithm; MRGA) โดยข้อมูลปี ค.ศ. 2012 มีดังนี้

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลปีค.ศ. 2012 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์

เดือน / ปี	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ก๊าซโอโซน	ก๊าซมีเทน
1 / 2012	0.93	24.29	1.90
2 / 2012	0.76	25.02	1.00
3 / 2012	0.49	23.47	1.53
4 / 2012	0.42	24.69	1.71
5 / 2012	0.53	22.16	1.84
6 / 2012	0.41	17.47	1.89
7 / 2012	0.52	15.49	1.98
8 / 2012	0.31	12.98	1.67
9 / 2012	0.32	17.37	1.90
10 / 2012	0.62	21.03	2.02
11 / 2012	0.79	16.32	2.08
12 / 2012	0.97	22.09	2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ข้อมูลคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และมีเทน ปี ค.ศ. 2008 - 2012

จากรูปที่ 3.1 เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการวัดจากพื้นที่ศึกษาซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลก๊าซในแต่ละตัวจะมีแนวโน้มแตกต่างกันไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดยดูจากเดือนมกราคมในแต่ละปี ซึ่งจะมีปี ค.ศ. 2010 ที่ลดลงเพราะว่าเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมของพื้นที่ศึกษา ส่วนก๊าซโอโซนมีแนวโน้มคงที่ และก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลง จึงทำให้งานวิจัยนี้ต้องการพยากรณ์ก๊าซทั้ง 3 ชนิดนี้เพื่อดูแนวโน้มของก๊าซจะมีลักษณะใดในอนาคต ซึ่งถ้าก๊าซชนิดใดที่มีมากขึ้นหรือคงที่ ก็จะแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษาสุ่มเสี่ยงต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจกและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลที่วัดได้ในปี ค.ศ. 2012 นำมาเปรียบเทียบกับวิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าสัมประสิทธิ์ พยากรณ์ปี ค.ศ. 2012 โดยใช้ข้อมูลจากปี ค.ศ. 2008 ถึง 2011 เพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดจากสองวิธีนี้ เมื่อหาวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดได้แล้ว จะนำวิธีนั้นมาพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และ มีเทน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 ถึง 2020 โดยผลลัพธ์จะกล่าวต่อไปในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลลัพธ์งานวิจัย

ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลการศึกษาพฤติกรรมของก๊าซที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนในระบบปิด และการเปรียบเทียบวิธีการแยกส่วนประกอบกับวิธีวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อหาวิธีที่มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดสำหรับพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน ในปี ค.ศ. 2013 – 2020 ของพื้นที่ สนามกีฬาเทศบาล แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี เพื่อดูแนวโน้มของก๊าซที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

4.1 ผลการศึกษาและพฤติกรรมของก๊าซที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนในระบบปิด

โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยา k_1, k_4, k_5, k_6, k_7 จะอ้างอิงจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาจาก (John H. Seinfeld , 2006) แล้วนำค่ามาเปรียบเทียบอัตราส่วนให้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยใช้หลักการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ดังนี้

$CO + OH \rightarrow CO_2 + H$ $\quad k_1 = 1.5\times10^{-13}$

$HO_2 + NO \rightarrow NO_2 + OH$ $\quad k_4 = 3.5\times10^{-12}$

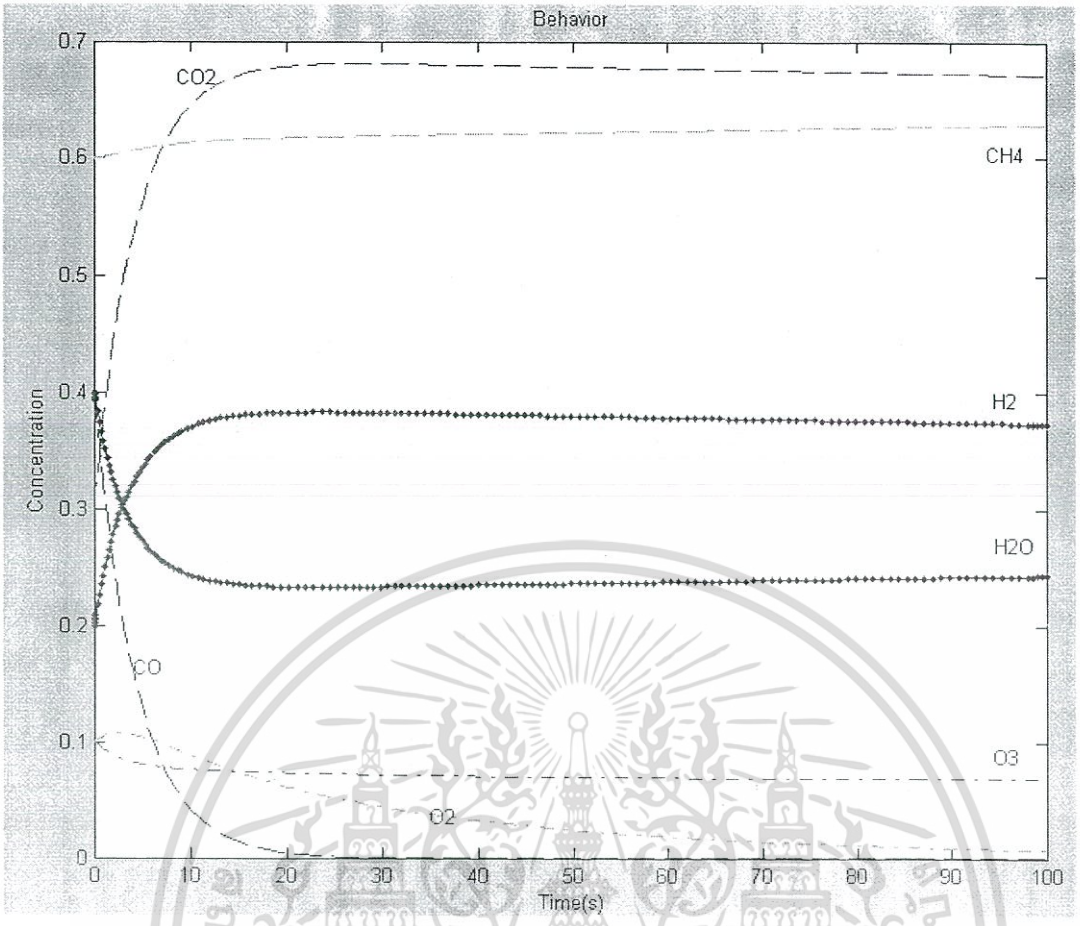
$NO_2 \rightarrow NO + O$ $\quad k_5 =$ Depend on light

$O + O_2 \rightarrow O_3$ $\quad k_6 = 6\times10^{-34}$

$HO_2 + O_3 \rightarrow OH + 2O_2$ $\quad k_7 = 1\times10^{-14}$

โดยจะสมมติให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของ k_1 มีค่าเท่ากับ 0.5 เมื่อทำบัญญัติไตรยางศ์หาค่าของ k_6 ได้ 2×10^{-31} ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่น้อยมากเสมือนว่าไม่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับ k_1 ดังนั้นในการหาผลเฉลยจึงขอกำหนดให้ k_6 มีค่าอยู่ที่ 0.00005 เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับค่าของ k_1 ก็จะเห็นว่าค่าของ k_6 เหมือนไม่ได้ส่งผลต่อการหาผลเฉลย ส่วนค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ k_4, k_5, k_7 ก็จะทำลักษณะเช่นเดียวกับการหาค่าของ k_6 และทำให้ได้ผลเฉลยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 พฤติกรรมของก๊าซ 7 ชนิดบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ โดยการควบคุมปัจจัยภายนอก

จากสมการเคมีที่เกิดขึ้นบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ซึ่งมีก๊าซทั้งหมด 13 ชนิดที่เกี่ยวข้อง มาทำการหาผลเฉลยด้วยระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญในโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ จะเหลือก๊าซที่แสดงผลเหลืออยู่ 7 ชนิด โดยก๊าซที่ไม่ได้แสดงผลนั้น เกิดมาจากการตัดทอนสมการเคมี และ จากผลเฉลย ในรูปที่ 4.1 เมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซเริ่มต้นหมดลง ทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อีก แล้วระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่งมีผลทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน มีปริมาณความเข้มข้นมากขึ้น ส่วนก๊าซโอโซน มีปริมาณความเข้มข้นที่ลดลงแต่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับการลดลงของก๊าซตัวอื่นเนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสมการที่ (2.16) มีค่าที่น้อยมากจึงมีผลต่อการลดของปริมาณก๊าซโอโซนไม่มากนัก และจากการที่ ก๊าซทั้งสามชนิดเป็นก๊าซเรือนกระจกจึงมีผลทำให้ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ทำให้สรุปได้ว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ไม่ใช่ก๊าซเรือนกระจกโดยตรง แต่ สามารถทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนจากการทำปฏิกิริยาเคมีบนชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ และพื้นที่บริเวณใดที่มีการเผาไหม้ของก๊าซคาร์บอนที่ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นปริมาณมาก บริเวณนั้นก็จะมีโอกาสเกิดก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นไปอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

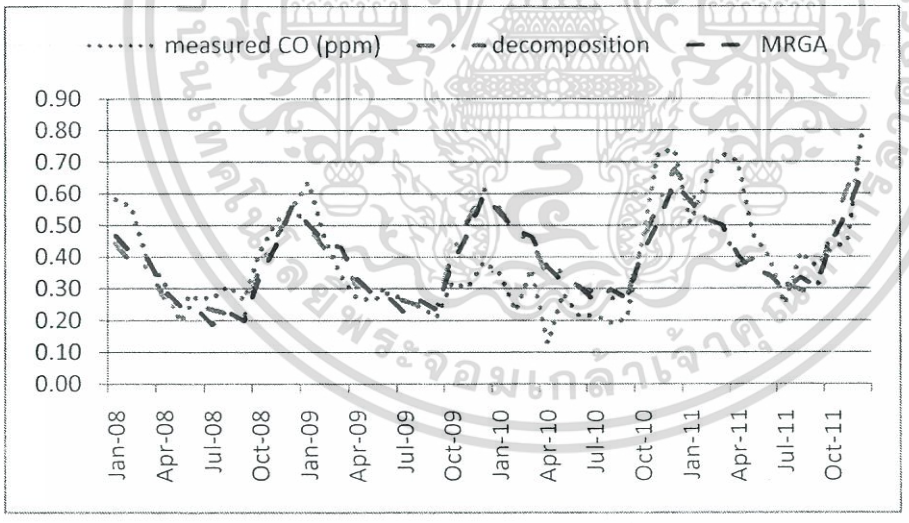
ดังนั้นจากผลเฉลยในรูปที่ 4.1 ทำให้งานวิจัยนี้เล็งเห็นถึงการพยากรณ์ค่าก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อดูความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะโลกร้อนและสุขภาพของประชากร จึงได้นำค่าจริงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซมีเทน ของปี 2008 – 2011 สนามกีฬาเทศบาลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี จากแหล่งกรมควบคุมมลพิษเพื่อนำมาพยากรณ์ปี 2012 และเปรียบเทียบกับค่าจริงของก๊าซทั้งสามชนิดในปี 2012

4.2 การเปรียบเทียบวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

งานวิจัยนี้จะนำข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงของก๊าซ 3 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซ มีเทน ของปี 2008 – 2011 โดยจะนำวิธี Decomposition และ MRGA มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงและหาวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากการใช้ RMSE เป็นตัวตัดสิน เพื่อนำมาสร้างสมการแบบจำลองของ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน สำหรับทำการพยากรณ์ค่าก๊าซทั้ง 3 ชนิดในอนาคต

ได้กราฟแสดงการเปรียบเทียบของก๊าซ จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ดังนี้

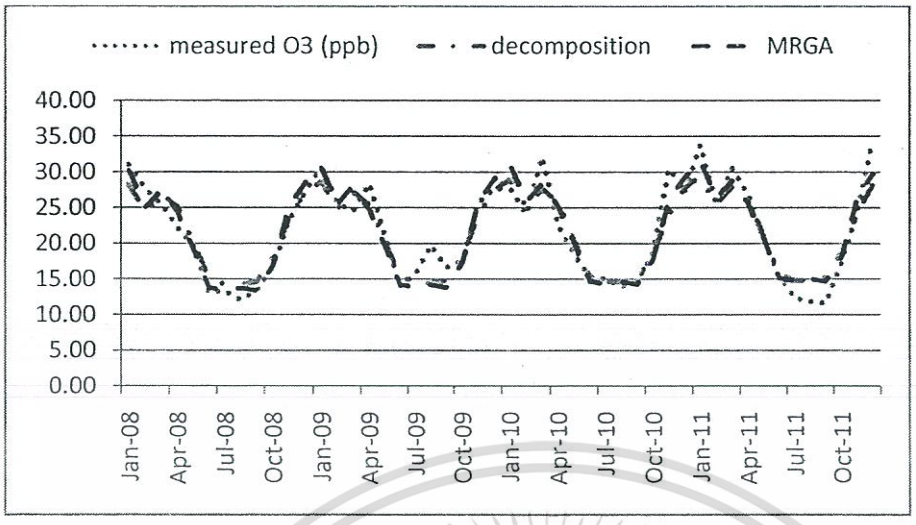
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด

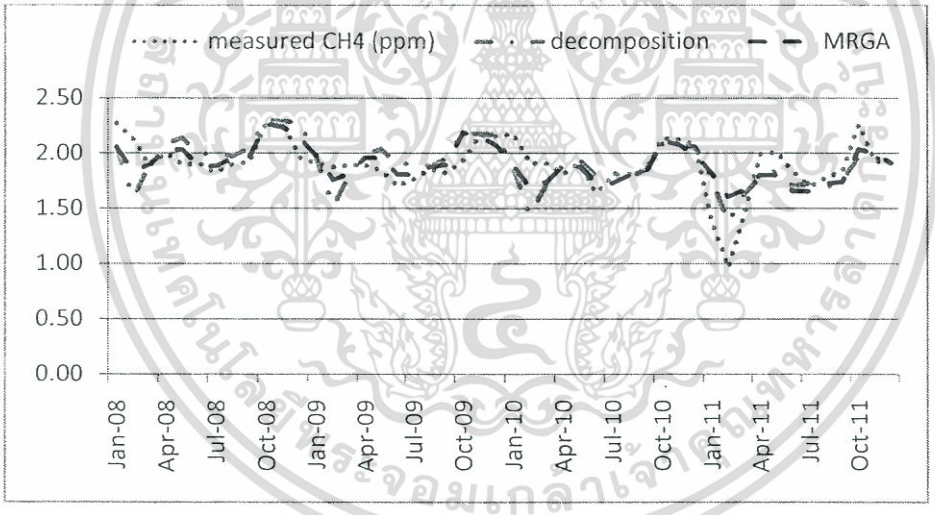
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ก๊าซโอโซน



รูปที่ 4.3 ปริมาณก๊าซโอโซนจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด

3. ก๊าซมีเทน



รูปที่ 4.4 ปริมาณก๊าซมีเทนจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นทั้ง 3 ชนิดเพื่อเปรียบเทียบค่า RMSE เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า RMSE ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน

วิธี / ก๊าซเรือนกระจก	RMSE		
	CO	O_3	CH_4
Decomposition	0.094	1.835	0.145
MRGA	0.092	1.701	0.117

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าวิธีของ MRGA มี RMSE น้อยที่สุดของก๊าซทั้ง 3 ชนิด หมายถึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งสรุปได้ว่าวิธีของ MRGA เป็นวิธีที่ดีกว่า วิธี Decomposition ดังนั้นสมการแบบจำลองของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน จะใช้วิธี MRGA ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แบบจำลองของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทนของการพยากรณ์

ก๊าซเรือนกระจก	สมการแบบจำลอง
CO	$Y_i = 0.464 + 0.003X_i - 0.058x_0 - 0.08x_1 - 0.178x_2 - 0.232x_3 - 0.245x_4$ $-0.297x_5 - 0.261x_6 - 0.292x_7 - 0.152x_8 - 0.058x_9 + 0.063x_{10}$
O_3	$Y_i = 30.133 + 0.037X_i - 5.158x_0 - 2.726x_1 - 5.958x_2 - 11.09x_3$ $-16.564x_4 - 16.792x_5 - 16.696x_6 - 17.088x_7 - 13.672x_8 - 5.287x_9 - 2.123x_{10}$
CH_4	$Y_i = 2.059337 - 0.0064X_i - 0.20853x_0 - 0.14218x_1 + 0.004348x_2 + 0.005513x_3 - 0.13307x_4$ $-0.12879x_5 - 0.05288x_6 - 0.02894x_7 + 0.272853x_8 + 0.246113x_9 + 0.162483x_{10}$

จากตารางที่ 4.2 ที่ได้สมการแบบจำลองของก๊าซทั้ง 3 ชนิด ในส่วนของสัมประสิทธิ์จะหามาจากวิธีเชิงพันธุกรรมในโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ และจะนำสมการแบบจำลองที่ได้มาพยากรณ์ในปี 2012 เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจริง โดย X_i หมายถึง ช่วงเวลาที่จะเปลี่ยนจากเดือนให้เป็นตัวเลข เช่น งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 – 2011 ดังนั้นข้อมูลเดือนมกราคมปี 2008 จะแทน X_i ด้วย 1 ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ปี 2008 จะแทน X_i ด้วย 2 ไปจนถึงข้อมูลเดือนธันวาคมปี 2011 จะแทน X_i ด้วย 48 และ $x_0 - x_{10}$ จะแทนค่าเป็น 1 ในเดือนที่เราต้องการหาค่า และจะเป็น 0 ในเดือนที่เราไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการหาค่า เช่น ถ้าต้องการพยากรณ์เดือนมกราคม $x_0 - x_{10}$ จะมีค่าเป็น 0 ถ้าต้องการพยากรณ์เดือนกุมภาพันธ์ x_0 จะมีค่าเป็น 1 ส่วน $x_1 - x_{10}$ จะมีค่าเป็น 0 ถ้าต้องการพยากรณ์เดือนเมษายน x_2 จะมีค่าเป็น 1 ส่วน $x_0, x_1, x_3 - x_{10}$ จะมีค่าเป็น 0 ดังนั้นถ้าต้องการพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ปี 2012 ในเดือนมีนาคม จะต้องแทน X_i ด้วย 51 และแทนค่า x_1 เป็น 1 ส่วน $x_0, x_2 - x_{10}$ จะมีค่าเป็น 0 ในสมการแบบจำลองของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

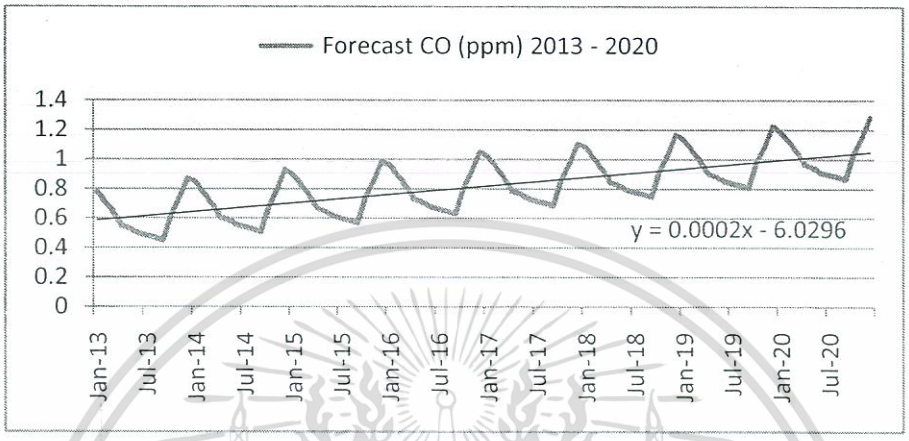
ตารางที่ 4.3 ค่าที่ได้จากการตรวจวัดและค่าพยากรณ์ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน ในปี ค.ศ. 2012

Month	CO (ppm)		O_3 (ppb)		CH_4 (ppm)	
	Measured	Forecast	Measured	Forecast	Measured	Forecast
1	0.93	0.611	24.29	31.946	1.90	1.745
2	0.76	0.556	25.02	26.825	1.00	1.531
3	0.49	0.537	23.47	29.294	1.53	1.591
4	0.42	0.442	24.69	26.099	1.71	1.731
5	0.53	0.391	22.16	21.004	1.84	1.726
6	0.41	0.381	17.47	15.567	1.89	1.581
7	0.52	0.332	15.49	15.196	1.98	1.579
8	0.31	0.371	12.98	15.509	1.67	1.648
9	0.32	0.343	17.37	15.154	1.90	1.666
10	0.62	0.486	21.03	18.607	2.02	1.961
11	0.79	0.583	16.32	27.029	2.08	1.928
12	0.97	0.707	22.09	30.23	2.17	1.838
	RMSE : 0.165		RMSE : 5.007		RMSE : 0.253	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

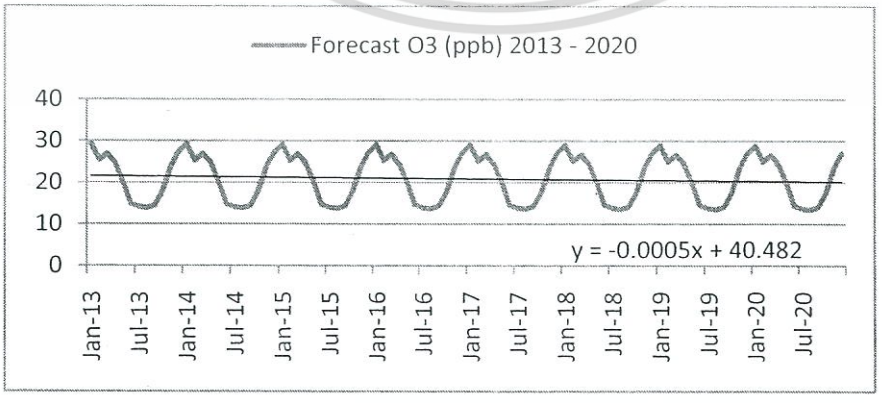
4.3 การพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซมีเทน

จะทำการพยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซมีเทน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 – 2020 ด้วยวิธี MRGA เพื่อดูแนวโน้มปริมาณความเข้มข้นในอนาคต ว่าก๊าซที่จะเกิดขึ้นจะมีผลกระทบต่อคนในพื้นที่อย่างไร ซึ่งจากการพยากรณ์ได้ผลเป็นดังนี้



รูปที่ 4.5 พยากรณ์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปี ค.ศ. 2013 – 2020

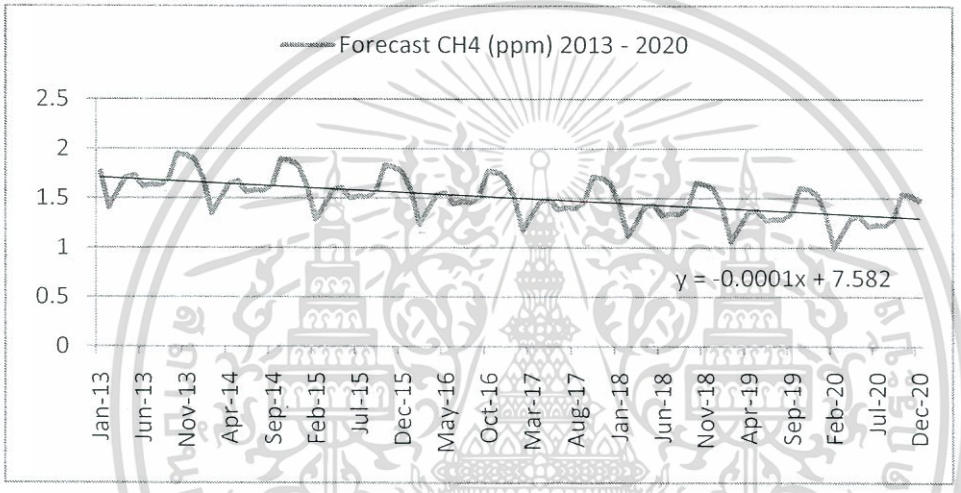
จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น ซึ่งจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีในสมการที่ (2.11) ที่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่มีผลต่อภาวะโลกร้อนโดยตรง ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อสภาพอากาศและสุขภาพของผู้อาศัยที่อยู่ในพื้นที่นั้น และจากรูปจะมีเส้นแนวโน้มเพื่อให้เห็นว่าแนวโน้มของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้นมีสมการคือ $y = 0.002x - 6.0296$ โดย y หมายถึง ปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และ x หมายถึง ดัชนีของเวลา และจากการที่ค่าสัมประสิทธิ์ของ x ที่เป็นความชันมีค่าเป็นบวกทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นด้วยความชัน 0.002



รูปที่ 4.6 พยากรณ์ก๊าซโอโซนปี ค.ศ. 2013 – 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

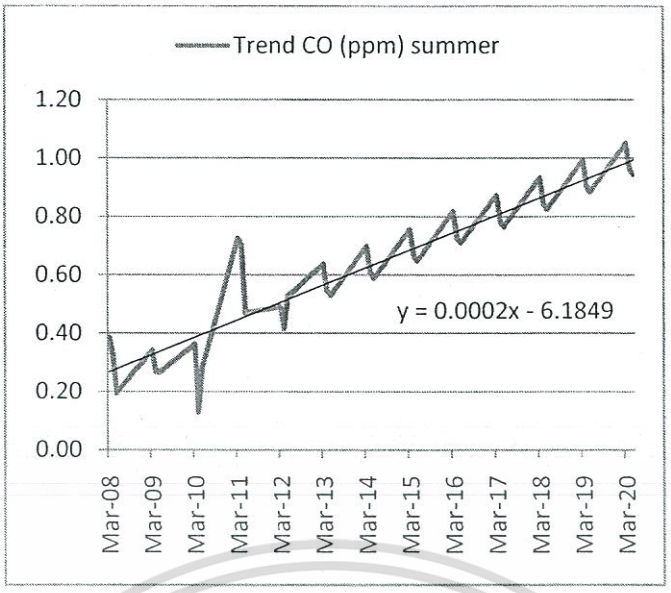
จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าก๊าซโอโซนมีแนวโน้มที่ลดลงแต่เป็นการลดลงที่ไม่มากนัก ดังนั้นถือได้ว่าก๊าซโอโซนในพื้นที่นี้ยังคงมีปริมาณที่ไม่ต่างจากเดิม ดังนั้นจากสมการเคมีที่ (2.17) ก็ยังสามารถเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลได้ปริมาณที่ไม่ต่างจากเดิม ซึ่งอนุมูลไฮดรอกซิลก็จะย้อนกลับไปที่สมการเคมีที่ (2.11) ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้น และจากที่ก๊าซโอโซนเป็นก๊าซเรือนกระจก จึงสรุปได้ว่าพื้นที่ดังกล่าวยังคงมีสภาพอากาศและสุขภาพของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยไม่ได้ดีขึ้นจาก ณ ปัจจุบัน และจากรูปจะมีเส้นแนวโน้มเพื่อให้เห็นว่าแนวโน้มของก๊าซโอโซนลดลงมีสมการคือ $y = -0.0005x + 40.482$ โดย y หมายถึง ปริมาณของก๊าซโอโซน และ x หมายถึง ดัชนีของเวลา และจากการที่ค่าสัมประสิทธิ์ของ x ที่เป็นความชันมีค่าเป็นลบทำให้ปริมาณก๊าซโอโซนมีแนวโน้มที่ลดลงด้วยความชัน -0.0005



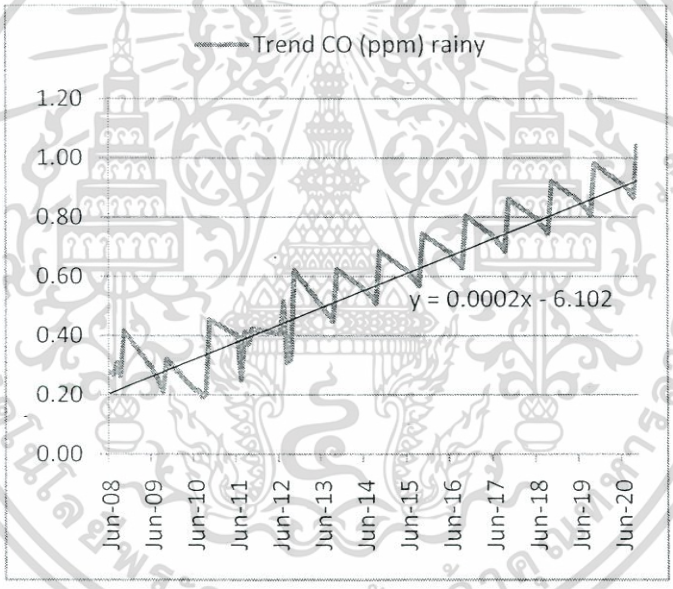
รูปที่ 4.7 พยากรณ์ก๊าซมีเทนปี ค.ศ. 2013 – 2020

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เพราะพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้มีการเพาะปลูก ทำปศุสัตว์ เกษตรกรรม ที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน เลยมีผลทำให้ก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งเป็นผลดีต่อสุขภาพและภาวะโลกร้อนในอนาคต และจากรูปจะมีเส้นแนวโน้มเพื่อให้เห็นว่าแนวโน้มของก๊าซมีเทนลดลงมีสมการคือ $y = -0.0001x + 7.5825$ โดย y หมายถึง ปริมาณของก๊าซมีเทน และ x หมายถึง ดัชนีของเวลา และจากการที่ค่าสัมประสิทธิ์ของ x ที่เป็นความชันมีค่าเป็นลบทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลงด้วยความชัน -0.0001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แนวโน้มก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฤดูร้อนปี ค.ศ. 2008 – 2020

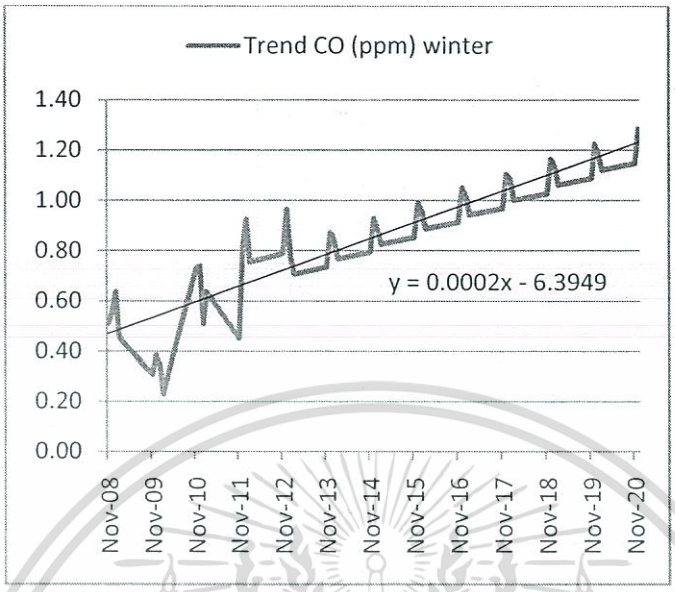


รูปที่ 4.9 แนวโน้มก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฤดูฝนปีค.ศ. 2008 – 2020

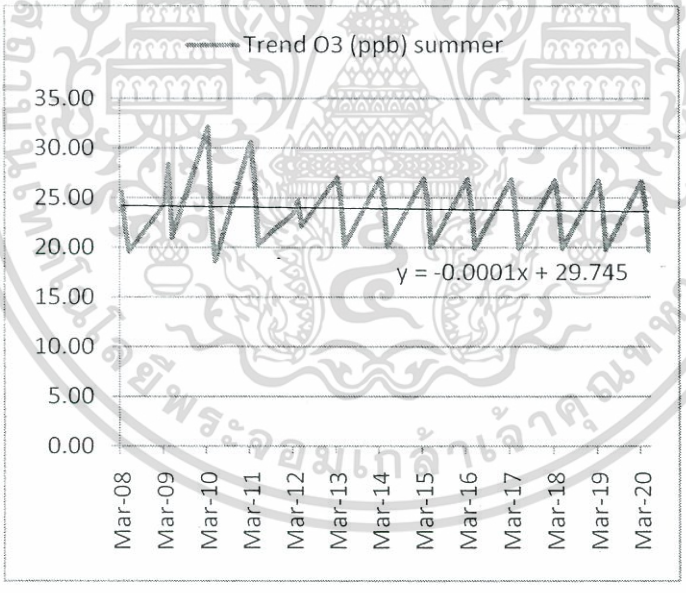
จากรูปที่ 4.8 แสดงแนวโน้มของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในฤดูร้อนของเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = 0.0002x - 6.1849$ และรูปที่ 4.9 แสดงแนวโน้มของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในฤดูฝนของเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = 0.0002x - 6.102$ และรูปที่ 4.10 แสดงแนวโน้มของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในฤดูหนาวของเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = 0.0002x - 6.3949$ ซึ่งจากสมการทั้ง 3 ฤดูกาลจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ x ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นความชันมีความชันที่เป็นบวกและมีค่าเท่ากันคือ 0.0002 ดังนั้นสรุปได้ว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเท่ากันทั้ง 3 ฤดูกาล



รูปที่ 4.10 แนวโน้มก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ฤดูหนาวปีค.ศ. 2008 – 2020

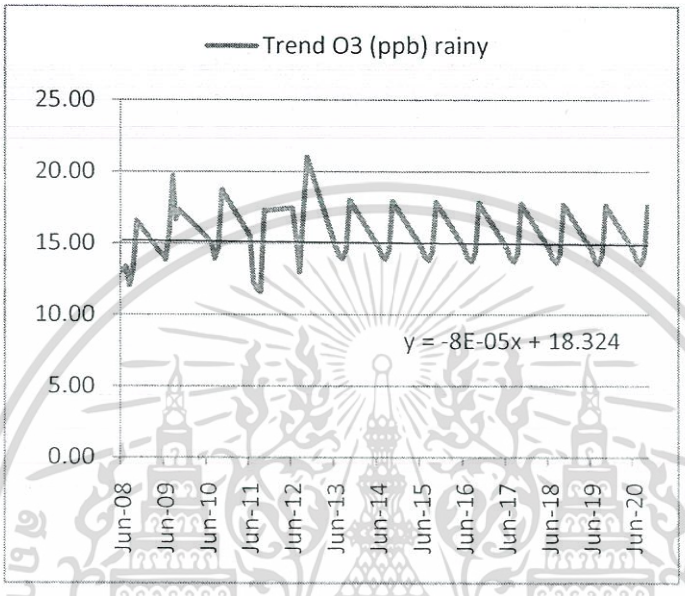


รูปที่ 4.11 แนวโน้มก๊าซโอโซนฤดูร้อนปีค.ศ. 2008 – 2020

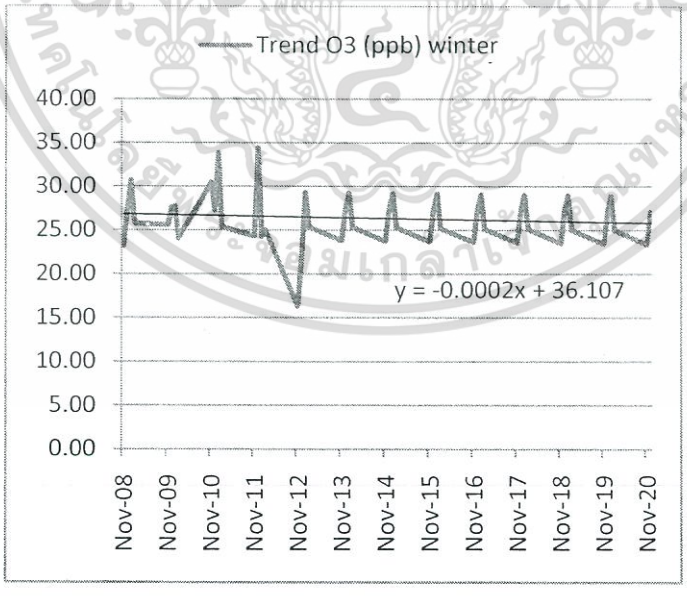
จากรูปที่ 4.11 แสดงแนวโน้มของก๊าซโอโซนในฤดูร้อนของเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = -0.0001x + 29.745$ และรูปที่ 4.12 แสดงแนวโน้มของก๊าซโอโซนในฤดูฝนของเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = -0.00008x + 18.324$ และรูปที่ 4.13 แสดงแนวโน้มของก๊าซโอโซนในฤดูหนาวของเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = -0.0002x + 36.107$ ซึ่งจากสมการทั้ง 3 ฤดูกาลจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ x ที่เป็นความชันมีความชันที่เป็นลบแต่มีค่าไม่เท่ากัน โดยฤดูหนาวจะมีแนวโน้มลดลงมากกว่าฤดูอื่นเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นความชันติดลบมากที่สุด และฤดูฝนมีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าฤดูอื่นเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นความชันติดลบน้อยที่สุด ดังนั้นสรุปได้ว่าก๊าซโอโซนในฤดูฝนจะมีปริมาณก๊าซที่ลดลงน้อยที่สุด

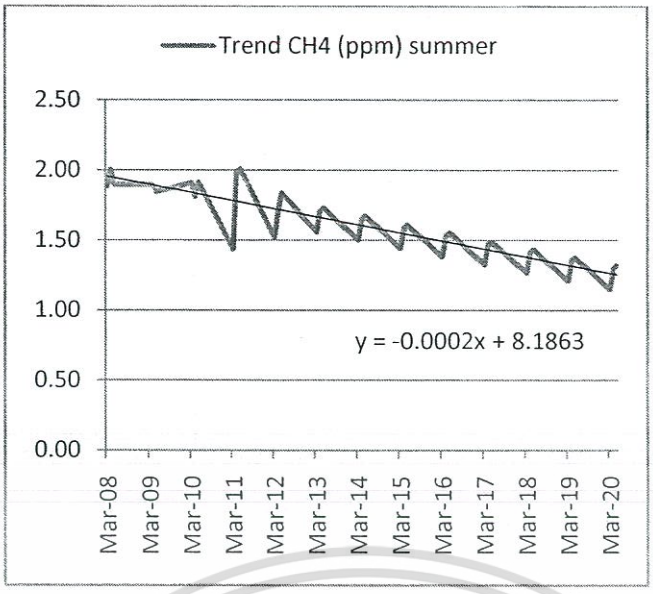


รูปที่ 4.12 แนวโน้มก๊าซโอโซนฤดูฝนปีค.ศ. 2008 – 2020

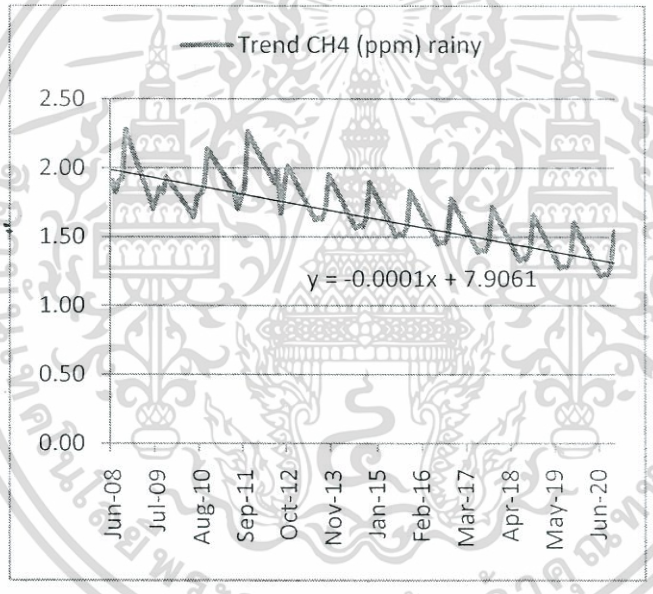


รูปที่ 4.13 แนวโน้มก๊าซโอโซนฤดูหนาวปีค.ศ. 2008 – 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แนวโน้มก๊าซมีเทนฤดูร้อนปีค.ศ. 2008 – 2020

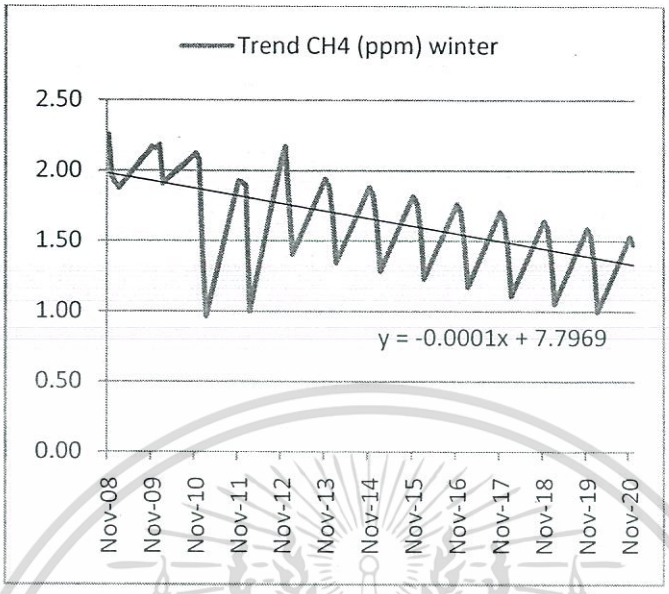


รูปที่ 4.15 แนวโน้มก๊าซมีเทนฤดูฝนปีค.ศ. 2008 – 2020

จากรูปที่ 4.14 แสดงแนวโน้มของก๊าซมีเทนในฤดูร้อนของเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = -0.0002x + 8.1863$ และรูปที่ 4.15 แสดงแนวโน้มของก๊าซมีเทนในฤดูฝนของเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = -0.0001x + 7.9061$ และรูปที่ 4.16 แสดงแนวโน้มของก๊าซมีเทนในฤดูหนาวของเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ. 2008 – 2020 มีสมการของเส้นแนวโน้มคือ $y = -0.0001x + 7.7969$ ซึ่งจากสมการทั้ง 3 ฤดูกาลจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ x ที่เป็นความชันมีความชันที่เป็นลบแต่มีค่าไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยฤดูร้อนมีแนวโน้มลดลงมากกว่าฤดูอื่นเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นความชันติดลบมากที่สุด ฤดูฝนและฤดูหนาวมีแนวโน้มลดลงที่เท่ากัน ดังนั้นสรุปได้ว่าก๊าซมีเทนในฤดูร้อนจะมีปริมาณก๊าซที่ลดลงมากที่สุด



รูปที่ 4.16 แนวโน้มก๊าซมีเทนฤดูหนาวปีค.ศ. 2008 – 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปงานวิจัย

จากการศึกษาหาผลเฉลยก๊าซต่างๆโดยวิธีสมการเชิงอนุพันธ์สามัญในสภาวะคงที่โดยการควบคุมปัจจัยภายนอก ทำให้เห็นว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นก๊าซเริ่มต้นจะส่งผลให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน และก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นถ้าบนชั้นบรรยากาศมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากก็จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซโอโซนและก๊าซมีเทนมากเช่นกัน ซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดสภาวะเรือนกระจก และจากวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซด้วยวิธีแยกส่วนประกอบและวิธี MRGA เพื่อเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของทั้งสองวิธี ซึ่งใช่ค่า RMSE เป็นตัวเปรียบเทียบ ผลวิจัยสรุปได้ว่าวิธี MRGA ให้ค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดสำหรับก๊าซทั้ง 3 ชนิดโดยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่า RMSE ของวิธีแยกส่วนประกอบเท่ากับ 0.094 และวิธี MRGA เท่ากับ 0.092 ก๊าซโอโซนมีค่า RMSE ของวิธีแยกส่วนประกอบเท่ากับ 1.835 และวิธี MRGA เท่ากับ 1.701 และก๊าซมีเทนมีค่า RMSE ของวิธีแยกส่วนประกอบเท่ากับ 0.145 และวิธี MRGA เท่ากับ 0.117 ซึ่งเมื่อใช้วิธี MRGA พยากรณ์ก๊าซทั้ง 3 ชนิดพยากรณ์ตั้งแต่ปีค.ศ. 2013 ถึง ค.ศ. 2020 ในพื้นที่สนามกีฬาเทศบาล แหลมฉบัง จังหวัด ชลบุรี พบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดก๊าซเรือนกระจก เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น ส่วนก๊าซโอโซนมีแนวโน้มที่ลดลงแต่ไม่แตกต่างจากเดิมโดยค่าที่ตรวจวัดได้ในเดือนธันวาคม ปีค.ศ. 2008 วัดได้ 27.18 (ppb) และจากการพยากรณ์ในเดือนธันวาคมปีค.ศ. 2020 พยากรณ์ได้ 27.12 (ppb) จะถือว่ามีค่าคงที่ ส่วนก๊าซมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลง และเปรียบเทียบก๊าซแต่ละชนิดใน 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน เดือน มีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาว เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ สรุปได้ว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มของปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้นเท่ากันทั้ง 3 ฤดูกาลด้วยความชัน 0.0002 ก๊าซโอโซนในฤดูฝนมีแนวโน้มของปริมาณก๊าซที่ลดลงน้อยที่สุดด้วยความชัน -0.00008 และก๊าซมีเทนในฤดูร้อนมีแนวโน้มของปริมาณก๊าซที่ลดลงมากที่สุดด้วยความชัน -0.0002 ดังนั้นในงานวิจัยนี้สรุปว่าถ้าไม่มีการจัดการที่ดีในพื้นที่ศึกษา และยังไม่มีแนวทางในการรณรงค์ที่ช่วยส่งเสริมในการลดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซน ก็จะทำให้เกิดภาวะก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น ที่จะส่งผลทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น และทำให้เกิดภาวะโลกร้อน มีผลกระทบกับมนุษย์ รวมไปถึงสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าในพื้นที่อื่นๆ มีโอกาสที่จะมีลักษณะปริมาณก๊าซและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวโน้มเหมือนกับพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ ดังนั้นงานวิจัยที่สนใจจะทำในอนาคต จะศึกษาในพื้นที่ของแหล่งอุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรม และแหล่งธรรมชาติ เพื่อดูความแตกต่างของปริมาณก๊าซที่เกี่ยวข้องกับภาวะโลกร้อน และเปรียบเทียบของปริมาณก๊าซที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และสิ่งที่ผู้วิจัยเห็นปัญหาและอยากเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางที่มีความแม่นยำมากขึ้นในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต คือ การเก็บข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งตรวจวัด เพราะข้อมูลที่ได้มาจากกรมควบคุมมลพิษ มีหลายช่วงเวลาที่ไม่มีปริมาณก๊าซ ทำให้มีข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนและส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการการพยากรณ์ ซึ่งถ้าหากมีข้อมูลที่ครบทุกช่วงเวลา จะสามารถเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ในการหาความคลาดเคลื่อนได้แม่นยำมากขึ้น และพยากรณ์ก๊าซในอนาคต ได้ถูกต้องมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Joseph M. Conny. , **The Isotopic Characterization of Carbon Monoxide in the Troposphere**

[2] O. Badr & S.D. Probert. , **Sinks and Environmental Impacts for Atmospheric Carbon Monoxide**

[3] C.J.S.C. Burger. , **A practitioners guide to time – series methods for tourism demand forecasting – a case study of Durban , South Africa**

[4] James A. Raub. , **Carbon monoxide poisoning – a public health perspective**

[5] http://www.its.caltech.edu/~ae121/ae121/ode45_Ref2.pdf

[6] H. Kavoosi , **Forecast Global Carbon Dioxide Emission By Use of Genetic Algorithm (GA)**

[7] http://www.dol.go.th/sms/interesting.htm

[8] John H. Seinfeld and Spyros N. Pandis. **Atmospheric Chemistry and Physic**. 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้