ITIChE2018
TIChE2018
TIChE
สมาคมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย
The Thai Institute of Chemical Engineering and Applied Chemistry

T-ENV-O-171-08

การศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษที่เกิดจากไฟป่าในพื้นที่ภาคเหนือโดยใช้แบบจำลองควบคู่อุตุนิยมวิทยา-เคมี WRF-Chem

The Study on Dispersion of Pollutants from Wildfire in The Northern Thailand Using WRF-Chem Model

ณัฐภัทร อธิปัญญาพันธุ์[1]และ นริศรา ทองบุญชู[1]

Nuttaphat Athipunyapun[1] and Narisara Thongboonchoo

[1]*ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520*

*ติดต่อ Email 59601100@kmitl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0824745135

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากไฟป่าในภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงเดือน มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2556 โดยใช้แบบจำลองควบคู่อุตุนิยมวิทยา-เคมี(WRF-Chem) ทำศึกษาแบ่งโดเมนที่ศึกษาเป็นแบบโดเมนย่อยซ้อนกัน 3 โดเมน โดยใช้ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางจากแหล่งกำเนิดที่เกิดจากมนุษย์จากฐานข้อมูลระดับโลกสำหรับโดเมนที่ 1 และข้อมูลที่จัดเตรียมขึ้นเองที่ความละเอียด 1x1 ตารางกิโลเมตร สำหรับโดเมนที่ 2 และ 3 ส่วนข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากไฟป่าใช้ข้อมูลรายวันจาก Fire INventory from NCAR (FINN) ผลจากแบบจำลองพบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นรายชั่วโมงของมลพิษทางอากาศได้ และแสดงให้เห็นบริเวณที่มลพิษทางอากาศมีความเข้มข้นสูงได้ เมื่อนำผลจากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าจากการตรวจวัดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ในระหว่างวันที่ 2-23 มีนาคม 2556 พบว่าความเข้มข้นของมลพิษที่ประมาณได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดค่อนข้างมาก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากฐานข้อมูลระดับโลกมีค่าต่ำเกินไปจนไม่สามารถที่เทียบเคียงกับข้อมูลจากการตรวจวัดได้ ข้อมูลที่เตรียมขึ้นเองเช่นบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในที่โล่งพื้นที่เกษตรกรรมและไฟป่าในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2556 [1] จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: ไฟป่า, แบบจำลองอุตุนิยมวิทยา-เคมี, บัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษในอากาศที่เกิดจากไฟป่า

Abstract

The objective of this research is to estimate the dispersion of air pollutants from wildfire in Northern of Thailand During Jan-May 2013. The WRF-Chem model was used for this study. The simulation domain was configured as 3 nested domains. The anthropogenic emissions from global inventory was used for domain 1 while locally developed emissions at 1x1 sq.km. resolution was used for domain 2 and 3. The daily emission from wildland fire was retrieved from

Fire INventory from NCAR (FINN). The result from the model revealed that it can be used to forecast the hourly concentration variation of air pollutant and showed the area that experience high concentration of air pollutant. When compared data during March 2-23, 2013 with monitoring data of air quality monitoring station of Pollution Control Department, the modeled data was systematic lower than observation data. The results showed that emission inventory from global dataset might too low to capture the observed data. The local dataset such as biomass open burning emission inventory from agricultural and wildfire during 2010-2013 will be used to further study.

Key words: Wildfire, WRF-Chem, Emission inventory from wildfire

บทนำ

ปัญหาหมอกควันจากไฟป่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำในประเทศไทยส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากหมอกควันที่เกิดจากไฟป่าสามารถแพร่กระจายไประยะทางไกลๆ และคงอยู่ในระยะเวลาที่ยาวนาน มลพิษทางอากาศเช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่โดยตรง นอกจากนี้ยังส่งกระทบต่อเศรษฐกิจหรือลุกลามจนเป็นปัญหาระหว่างประเทศได้ ไฟป่าในประเทศไทยจะเกิดขึ้นมากที่สุดในภาคเหนือโดยเฉพาะหน้าแล้งตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคมซึ่งในปี พ.ศ. 2556 พบว่าเดือนที่มีสถิติไฟป่าเกิดขึ้นมากที่สุดคือเดือนมีนาคม เมษายน และกุมภาพันธ์ [2] ตามลำดับ

การใช้แบบจำลองคุณภาพทางอากาศเป็นวิธีหนึ่งเพื่อใช้ศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษจากแหล่งกำเนิด แบบจำลองที่นำมาใช้คือ แบบจำลองควบคู่อุตุนิยมวิทยา-เคมี(WRF-chem) โดยช่วงเวลาที่ศึกษาคือ มกราคม - พฤษภาคม 2556 เนื่องจากเป็นปีล่าสุดที่มีการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากไฟป่าและพื้นที่ที่ศึกษาคือจังหวัดในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย 9 จังหวัด โดยผลจากแบบจำลองจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าจากการตรวจวัดจากสถานีของกรมควบคุมมลพิษเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

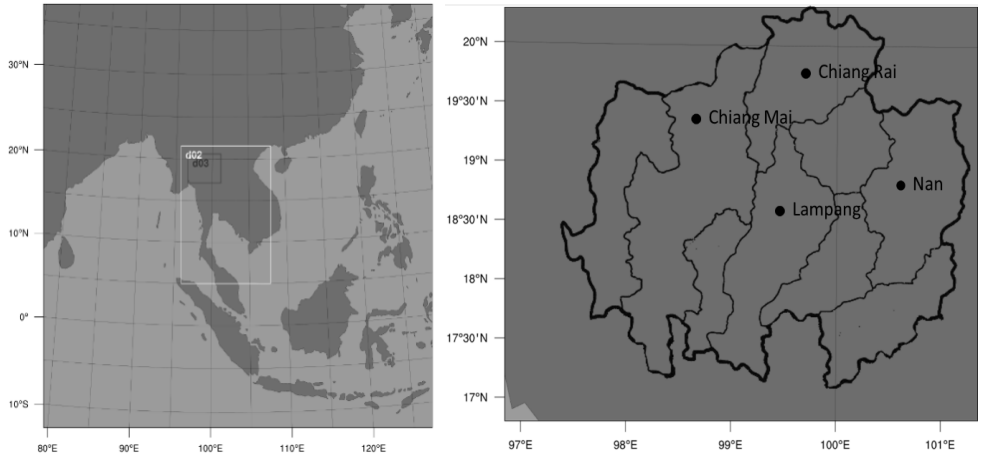
แบบจำลองควบคู่อุตุนิยมวิทยา-เคมี

แบบจำลอง WRF-Chem เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาจากแบบจำลองทางอุตุนิยมวิทยา WRF (Weather Research and Forecasting Model) เป็นแบบจำลองคุณภาพทางอากาศในรุ่นที่ 4 หรือแบบจำลองแบบออนไลน์ (Online model) แบบจำลองแบบนี้จะการคำนวณพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาในคราวเดียวกันกับคำนวณการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ ซึ่งแตกต่างกับแบบจำลองแบบออฟไลน์ (Offline model) ที่จะต้องคำนวณพารามิเตอร์ของทางอุตุนิยมวิทยาก่อนแล้วจึงนำผลลัพธ์มาใช้ในการคำนวณความเข้มข้นและการแพร่กระจายของสารมลพิษ ทำให้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางอุตุนิยมวิทยากับความเป็นไปของมลพิษที่ปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดได้ดียิ่งขึ้น สำหรับแบบจำลอง WRF-Chem เป็นแบบจำลองแบบ

Eulerian ที่ออกแบบมาเพื่อจำลองการแพร่กระจาย การผสม และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารมลพิษจำพวกแก๊สและละอองลอย (Aerosol) สมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศเป็นสมการ semi-empirical advection-diffusion ซึ่งเป็นสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ในการแก้ปัญหาจะใช้วิธีการแปลงสมการหลายมิติ (Multiple dimension) ให้เหลือเพียงหนึ่งมิติด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical method) ของ Marchuk โดยสมมติฐานในการแก้ปัญหาใช้กฎอนุรักษ์มวล เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขตใช้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพอากาศโลก และข้อมูลป้อนเข้าสำหรับแบบจำลองที่สำคัญได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากแบบจำลองระดับโลก ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยสารมลพิษ เป็นต้น โดยแบบจำลอง WRF-Chem สามารถแสดงผลต่างๆ อาทิ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในระดับพื้นที่ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศรายชั่วโมงของประเภทแก๊สและละอองลอยรวม 65 ชนิด

ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง WRF-Chem เวอร์ชัน 3.6 ในการทำงานวิจัยนี้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 โดเมน โดเมนที่ 1 กำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดเมนที่ 2 ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยและโดเมนที่ 3 ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือ มีความละเอียดของกริด 27x27 9x9 และ 3x3 ตร.กม. โดยมีความสูง 30 ชั้นเท่ากันทั้งสามโดเมน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าแบบจำลองได้แก่ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาใช้ข้อมูล Global Forecast System (GFS) ที่มีความละเอียด $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (~111x111 km^2) และมีข้อมูลทุกๆ 6 ชั่วโมง ส่วนข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ แบ่งเป็นข้อมูลระดับ Global scale ใช้ข้อมูลจาก EDGAR และ RETRO ซึ่งเป็นข้อมูลการปลดปล่อยจากกิจกรรมต่าง ๆของมนุษย์ ส่วนข้อมูลการปลดปล่อยไฟป่าใช้ฐานข้อมูล Fire INventory from NCAR (FINN) และ ข้อมูลระดับประเทศใช้ฐานข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยมลพิษของประเทศไทยปี พ.ศ.2553 [3] ที่เตรียมขึ้นมาเอง นอกจากนี้ยังมีพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการทำแบบจำลอง ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่เลือกใช้ในการทำงานวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 โดเมนที่ศึกษา d01 d02 และ d03 (ก) และการซ้อนทับของการแบ่งพื้นที่ของจังหวัดในภาคเหนือในโดเมนที่ 3 (ข)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่สำคัญที่เลือกใช้

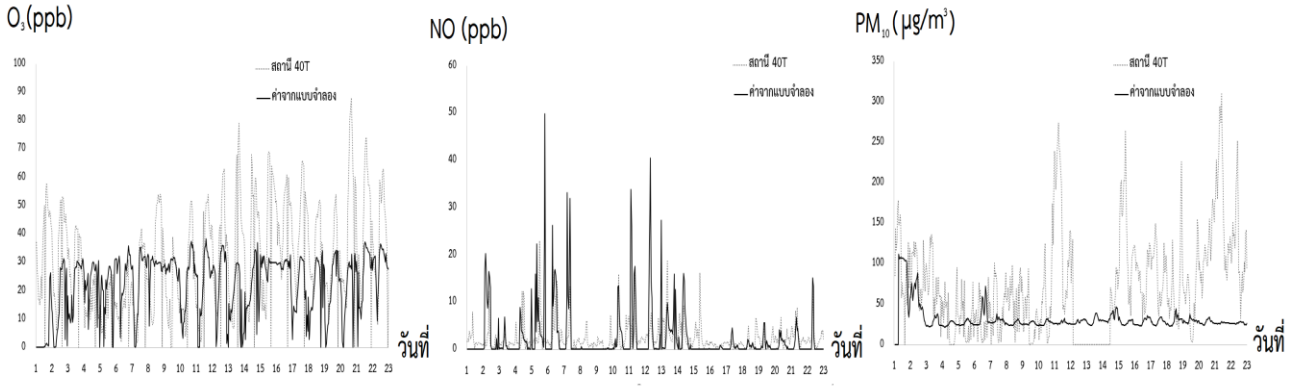
Chemical Mechanism	Regional Atmospheric Chemistry Mechanism (RACM)
I.C. and B.C Condition	Mozart model
Vertical Resolution	30 Levels
Planetary Boundary Layer Physics	Yonsei University (YSU)
Surface Layer Physics	Monin-Obukhov similarity theory
Aerosol Scheme	GOCART model
Time Step	120 seconds

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่การเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับข้อมูลจากการตรวจวัด และการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ

1.การเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับข้อมูลจากการตรวจวัด

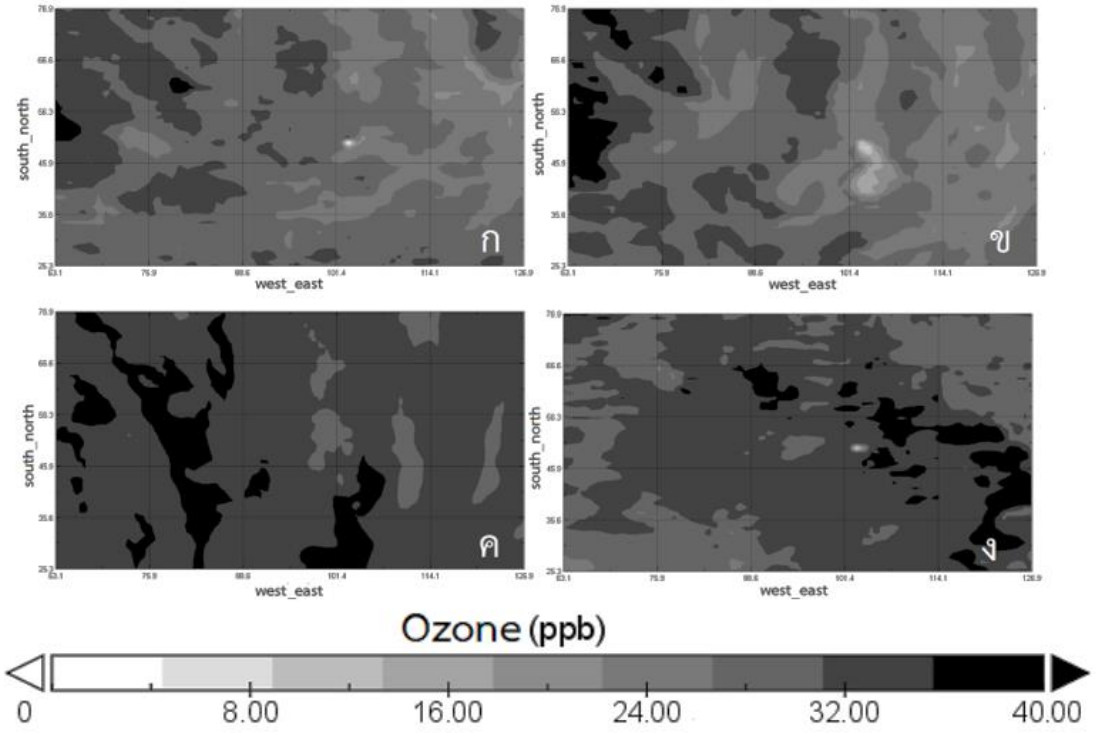
การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สโอโซน ไนโตรเจนออกไซด์ และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจากการตรวจวัดที่สถานีการประปาส่วนภูมิภาคแม่เมาะ (40T) ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 2 โดยเส้นทึบแสดงค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองและเส้นประแสดงความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้ว่าแก๊สโอโซนและไนโตรเจนออกไซด์มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่ค่าความเข้มข้นของโอโซนจากแบบจำลองที่มีค่าสูงยังต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัดอยู่มาก ในขณะที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนออกไซด์จะสูงกว่าค่าจากการตรวจวัด ส่วนค่าของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นยังไม่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สโอโซน ไนโตรเจนออกไซด์ และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดได้จากสถานี 40T ระหว่างวันที่ 2-23 มีนาคม พ.ศ. 2556

2.การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศจากแบบจำลองพบว่าความเข้มข้นของสารที่มีรูปแบบใกล้เคียงกับค่าจากตรวจวัดมากที่สุดคือแก๊สโอโซน ดังนั้นจึงเลือกแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของแก๊สโอโซน โดยรูปแบบการกระจายตัวของความเข้มข้นของโอโซนเชิงพื้นที่ที่เวลาต่าง ๆ ในวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2556 บริเวณจังหวัดลำปาง แสดงดังรูปที่ 3 จากรูปจะเห็นว่าที่เวลา 00.00 และ 06.00 น. ยังมีปริมาณของแก๊สโอโซนน้อยเนื่องจากเป็นช่วงเวลากลางคืน และตอนเช้า ซึ่งยังไม่มีแสงอาทิตย์ที่มากเพียงพอทำให้เกิดปฏิกิริยาเชิงแสงได้ ในขณะที่เวลา 12.00 น. พบว่าความเข้มข้นของแก๊สโอโซนในพื้นที่ศึกษาสูงขึ้นกว่าช่วงเวลาอื่น และเวลา 18.00 น. ความเข้มข้นแก๊สโอโซนก็จะกลับมาลดลง



รูปที่ 3 การแพร่กระจายตัวของแก๊สโอโซนบริเวณจังหวัดลำปาง เมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2556 เวลา 00.00 น. (ก) เวลา 06.00น. (ข) 12.00 น. (ค) วันที่ 4 เวลา 18.00 น. (ง)

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษที่เกิดจากไฟป่าในพื้นที่ภาคเหนือโดยใช้แบบจำลองควบคู่อุตุนิยมวิทยา-เคมี WRF-Chem พบว่ารูปแบบของการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากแบบจำลองได้แก่ แก๊สโอโซน ไนโตรเจนออกไซด์ และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งจะเห็นได้ว่าแก๊สโอโซนและไนโตรเจนออกไซด์มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่ค่าความเข้มข้นของโอโซนจากแบบจำลองที่มีค่าสูงยังต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัดอยู่มาก ในขณะที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนออกไซด์จะสูงกว่าค่าจากการตรวจวัด ส่วนค่าของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน รูปแบบ

ของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นยังไม่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นรายชั่วโมงของมลพิษทางอากาศได้ และแสดงให้เห็นบริเวณที่มลพิษทางอากาศมีความเข้มข้นสูงได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีสมรรถนะดีพอที่จะใช้ศึกษาการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศจากไฟป่าได้ แต่ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากฐานข้อมูลระดับโลกมีค่าต่ำเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแผนที่จะใช้ข้อมูลที่เตรียมขึ้นเองเช่นบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในที่โล่งพื้นที่เกษตรกรรมและไฟป่าในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2556 [1] มาใช้ในการศึกษาเพื่อให้สามารถทำนายการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศจากไฟป่าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับช่วยเหลือทางด้านเทคนิคจาก Dr. Ronald Macatangay และทีมผู้ช่วยนักวิจัยจากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สดร.) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาการติดตั้งแบบจำลอง Prof. Dr. Xuemei Wang มหาวิทยาลัยจี่หนาน (Jinan University) และ Ms. Weihua Chen นักศึกษาปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัยซุนยัดเซ็น (Sun Yat-sen University) ประเทศจีน ที่ให้ความช่วยเหลือในส่วนของการแปลงข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยของประเทศไทย เพื่อให้สามารถป้อนเข้าแบบจำลอง WRF-Chem ได้ ขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษสำหรับข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในภาคเหนือของประเทศไทย และขอขอบคุณ ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยระดับปริญญาโท

เอกสารอ้างอิง

[1] จิรานุช จีนอนงค์. “บัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาชีวมวลในที่โล่งพื้นที่เกษตรกรรมและไฟป่าในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2556” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558

[2] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานประจำปี พ.ศ. 2557 ของสำนักป้องกันควบคุมไฟป่า. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2557.

[3] KMITL, PTT, (2013) Final report: Development of emission inventory for air quality modeling in Bangkok Metropolitan Region