การวิเคราะห์ปริมาณโอโซนรวมในบรรยากาศของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Aura

จันทกานต์ ทวีกุล[1,*] และ รุสมาดี สะบูดิง[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110
[2]หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

[*]juntakan2016@gmail.com.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโอโซนรวมในบรรยากาศรายวันเฉลี่ยต่อเดือน โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Aura ที่ตำแหน่งพื้นที่ 30 แห่ง คือจังหวัดเชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พิษณุโลก ตาก หนองคาย เลย นครพนม ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ กาญจนบุรี กรุงเทมหานคร ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ตราด ระนอง ภูเก็ต ตรัง ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และนราธิวาส สำหรับเดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ถึงธันวาคม 2561) จากนั้นได้นำข้อมูลปริมาณโอโซนรวมในช่วงระยะเวลา 14 ปี (2548-2561) มาทำการวิเคราะห์พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีของปริมาณโอโซนรวมของทั้ง 30 สถานี มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือปริมาณโอโซนรวมจะมีค่าต่ำสุดในช่วงต้นปี และปลายปี รวมทั้งมีค่าสูงสุดในช่วงกลางปี

คำสำคัญ: ปริมาณโอโซนรวม ประเทศไทย ดาวเทียม Aura

บทนำ

โอโซนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของบรรยากาศของโลก ทั้งนี้เพราะเป็นก๊าซที่ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) จากดวงอาทิตย์ ให้มีปริมาณที่พอเหมาะกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก โดยทั่วไปปริมาณของก๊าซโอโซนในบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากพื้นผิวโลก โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่ประมาณ 20-30 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก หรือที่เรียกกันว่าชั้นบรรยากาศของโอโซน (ozone layer) ซึ่งอยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (stratosphere) อย่างไรก็ตามยังมีก๊าซโอโซนจำนวนเล็กน้อยในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (troposphere) ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ห่อหุ้มจากพื้นผิวโลกถึงความสูงประมาณ 10 กิโลเมตร ก๊าซโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้รังสีอัลตราไวโอเลตบี (UVB) หรือรังสีที่ความยาวคลื่นในช่วง 280-320 นาโนเมตร ซึ่งเป็นรังสีที่มีอันตรายผ่านเข้ามาถึงพื้นโลกมากเกินไป จากผลการศึกษาขององค์การสิ่งแวดล้อมโลก (United Nations Environment Programme; UNEP) ของสหประชาชาติ พบว่าความเข้มรังสี UVB ที่ผ่านชั้นโอโซนลงมาที่พื้นผิวโลกก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบชีวภาพ โดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจะได้รับผลกระทบรุนแรงกว่าสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่า เช่น มนุษย์ อีกทั้งยังทำให้การเจริญเติบโต และสังเคราะห์แสงของพืชบางชนิดลดประสิทธิภาพลง ทำให้การเคลื่อนไหว และการสืบพันธุ์ของแพลงก์ตอนพืชบกพร่อง โดยส่งผลให้เกิดการหยุดชะงักในบางโซ่อาหาร จากการที่แพลงก์ตอน พืชลดจำนวนลงทำให้การดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของแพลงก์ตอนพืชลดลงตามไปด้วยจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (greenhouse effect) รุนแรงขึ้น สำหรับมนุษย์นั้นรังสี UV จะส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้เพิ่มความรุนแรงของโรคติดต่อ และเพิ่มความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงในทางที่เป็นอันตราย อีกทั้งยังมีผลทำให้ผิวหนังเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วแล้ว ผลกระทบที่รุนแรงที่สุดคือ โรคมะเร็ง โดยจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคเนื้องอก มะเร็งผิวหนัง มะเร็งที่ริมฝีปาก เป็นต้น อย่างไรก็ตามรังสี UV ยังอาจส่งผลกระทบต่อดวงตา โดยเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดต้อกระจกอีกด้วย

ในปี 1974 Rowland และ Molina ได้ตีพิมพ์ผลงานในวารสาร Nature ซึ่งกล่าวว่าสารคลอโรฟลู-ออโรคาร์บอน (chlorofluorocarbon; CFC) ที่ใช้ในตู้เย็น เครื่องปรับ อากาศ และสเปรย์ต่างๆ ซึ่งถูกปล่อย ขึ้นสู่บรรยากาศปีละจำนวนมากจะลอยขึ้นไปทำลายชั้นโอโซน ทำให้รังสี UV ที่พื้นผิวโลกมีปริมาณสูงขึ้น และส่งผลทำให้มนุษย์มีโอกาสเป็นโรคมะเร็งผิวหนังมากขึ้น ผลงาน

ของ Rowland และ Molina ได้รับการ ต่อต้านจากอุตสาหกรรมที่ใช้สาร CFC จนกระทั่ง Farman และคณะ (1985) ได้ทำการสำรวจโอโซนใน บริเวณขั้วโลกใต้พบว่า โอโซนเหนืออ่าวฮัลเลย์ (Halley) ในทวีปแอนตาร์กติกมีปริมาณลดลงถึง 40% ภายในระยะเวลาเพียง 10 ปีจากการศึกษาขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ(National Aeronautics and Space Administration; NASA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ยืนยันการลดลงของโอโซนของโอโซนที่ทวีปแอนตาร์กติกเช่นเดียวกัน ต่อมามีการพบว่าการลดลงของโอโซนมิได้มีเฉพาะในบริเวณขั้ว โลกใต้เท่านั้น แต่พบที่บริเวณขั้วโลกเหนือและบริเวณอื่นๆ ของโลกด้วย การค้นพบดังกล่าวเป็นการยืนยันทฤษฎีของ Rowland และ Molina ทำให้ทั่วโลกตื่นตัวเรื่องภัยอันตรายที่จะมาถึง ดังนั้นในปี 1987 องค์การ UNEP จึงได้จัดประชุมนานาชาติเรื่องการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนของสาร CFC ที่เมือง Montreal ประเทศแคนาดา และที่ประชุมได้จัดทำข้อตกลงที่เรียกว่า Montreal Protocol เพื่อให้ประเทศสมาชิกหยุด การใช้สาร CFC และสารอื่นๆ เช่น สารฮาร์ลอน (halon) เมธิลโบรไมด์ (methyl bromide) และเมธิลคลอโรฟอร์ม (methyl chloroform) ซึ่งเป็นสารที่ทำลายชั้นโอโซน โดยประเทศไทยได้ร่วมลงนามใน Montreal Protocol ด้วย ถึงแม้ว่าจะมีข้อตกลงดังกล่าวและมีการลดการใช้สาร CFC แล้วก็ตาม แต่การใช้สารที่ ท าลายบรรยากาศในภาคเกษตรและอุตสาหกรรมในหลายประเทศยังคงมีอยู่ นอกจากนี้สาร CFC ที่ถูก ปล่อยขึ้นสู่บรรยากาศในอดีตยังคงส่งผลต่อการทำลายชั้นโอโซนต่อไปอีกหลายสิบปี

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาค่าปริมาณโอโซน อาทิเช่น Ma et al. (2011) ได้ทำการตรวจวัดโปรไฟล์ของโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนล่าง ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงปี 2008 ที่สถานี Nanjiao และสถานี Shangdianzi ในกรุงปักกิ่ง ผลจากการตรวจวัด พบว่าความเข้มข้นโอโซนสูงสุดที่พื้นผิวเกิดจากอิทธิพลของกระแสลม กล่าวคือกระแสลมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษรอบกรุงปักกิ่ง ในขณะที่กระแสลมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดพามวลอากาศที่มีความเข้มข้นโอโซนสูงเข้ามายังกรุงปักกิ่ง อย่างไรก็ตามยังพบว่าความแตกต่างของชนิดลมเฉือน (ความเร็วลมและทิศทางลม) ยังเป็นเหตุให้เกิดการสะสมโอโซน และการลดลงของโอโซน wind shear layer อีกด้วย

สำหรับ Solomon et al. (2016) พบว่ารูรั่วโอโซนในทวีปแอนตาร์กติกในช่วงฤดูใบไม้ผลิมีการฟื้นตัวขึ้นตั้งแต่ปี 2000 โดยจากผลการตรวจวัดและจากแบบจำลอง พบว่าแนวโน้มการลดลงของโอโซน ในช่วงปี 2000-2014 มีค่าต่ำลง โดยพื้นที่บริเวณที่เกิด ozone hole ลดลงเหลือเพียง 4.9 ± 4.7 million km^2 แสดงให้เห็นการฟื้นตัวของชั้นโอโซนในบรรยากาศ รวมทั้ง Chen et al. (2017) ได้ทำการศึกษาปริมาณโอโซน จากเครื่องวัด Brewer spectrophotometer รวมทั้ง Pandora spectrophotometer ขององค์การ NASA และข้อมูลดาวเทียม Aura/OMI ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม 2012 ถึงธันวาคม 2014 ในประเทศเกาหลีใต้ อย่างไรก็ตาม Chen et al. (2017) ได้ทำการศึกษาปริมาณโอโซนรวม จากเครื่องวัด Brewer spectrophotometer รวมทั้ง Pandora spectrophotometer ขององค์การ NASA และข้อมูลดาวเทียม Aura/OMI ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม 2012 ถึงธันวาคม 2014 ในประเทศเกาหลีใต้ นอกจากนี้ Kuttippurah et al. (2018) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโอโซนรวม จากเครื่องวัดภาคพื้นดิน ได้แก่Brewer spectrophotometer และ Dobson spectrophotometer และใช้ข้อมูลดาวเทียม TOMS และ OMI ที่บริเวณแอนตาร์ติก ในช่วงปี 2522-2556 ผลการทดลองพบว่า การเปรียบเทียบข้อมูลจากภาคพื้นดิน และข้อมูลดาวเทียม ให้ค่าสหสัมพันธ์ประมาณ 0.96

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอที่จะนำการศึกษาปริมาณโอโซนรวมในบริเวณจังหวัดเชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พิษณุโลก ตาก หนองคาย เลย นครพนม ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ กาญจนบุรี กรุงเทมหานคร ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ตราด ระนอง ภูเก็ต ตรัง ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และนราธิวาสสำหรับประเทศไทยเพื่อให้ทราบธรรมชาติของปริมาณโอโซนในบริเวณนี้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

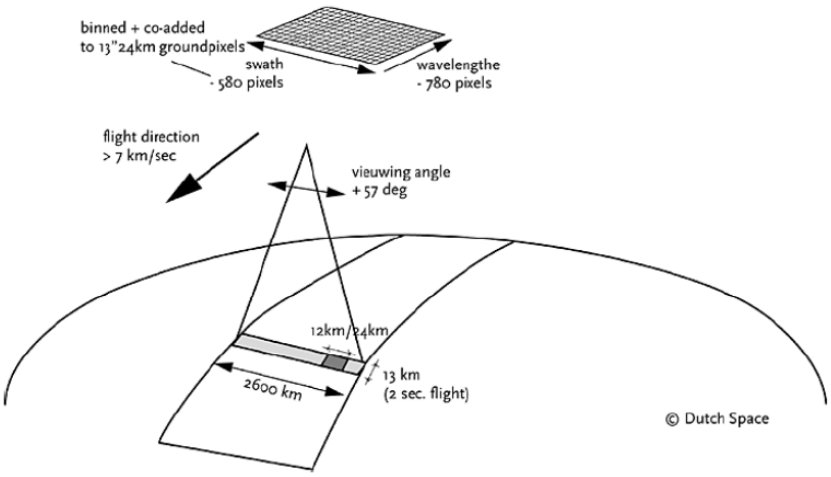
ดาวเทียม Aura/OMI

การวัดปริมาณโอโซนรวมด้วยดาวเทียมเป็นการวัดด้วยเซนเซอร์ระยะไกลเหนือชั้นบรรยากาศโลก ขององค์การ NASA ประโยชน์ของการตรวจวัดด้วยดาวเทียม คือให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ดี และช่วยให้ทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ดาวเทียม Aura (ดังรูปที่ 1) เริ่มดำเนินการตรวจวัดครั้งแรกเมื่อปี 2004 และยังคงถูกใช้งานจนถึงปัจจุบัน ดาวเทียมดังกล่าวได้ติดตั้งหัววัดที่ชื่อว่า OMI (Ozone Monitoring Instrument) เพื่อใช้สำหรับวัดค่าปริมาณโอโซนรายวันทั่วโลก

หลักการทำงานของหัววัด OMI ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้เป็นหัววัดที่มีมุมมองกว้าง สามารถวัดการกระเจิงของรังสีดวงอาทิตย์ขณะใดๆ ได้เป็นระยะทางตามแนวนอน 2,600 km โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถดาวน์โหลดได้จาก ftp://toms.gsfc.nasa.gov/pub และมี spatial resolution เท่ากับ 1 องศาละติจูด x 1 องศาลองจิจูด รูปที่ 2 แสดงลักษณะมุมมองการวัดของดาวเทียม Aura/OMI

รูปที่ 1 ลักษณะของดาวเทียม Aura



รูปที่ 2 มุมมองการวัดของหัววัด OMI (Levelt et al., 2006)

การวิเคราะห์ข้อมูล

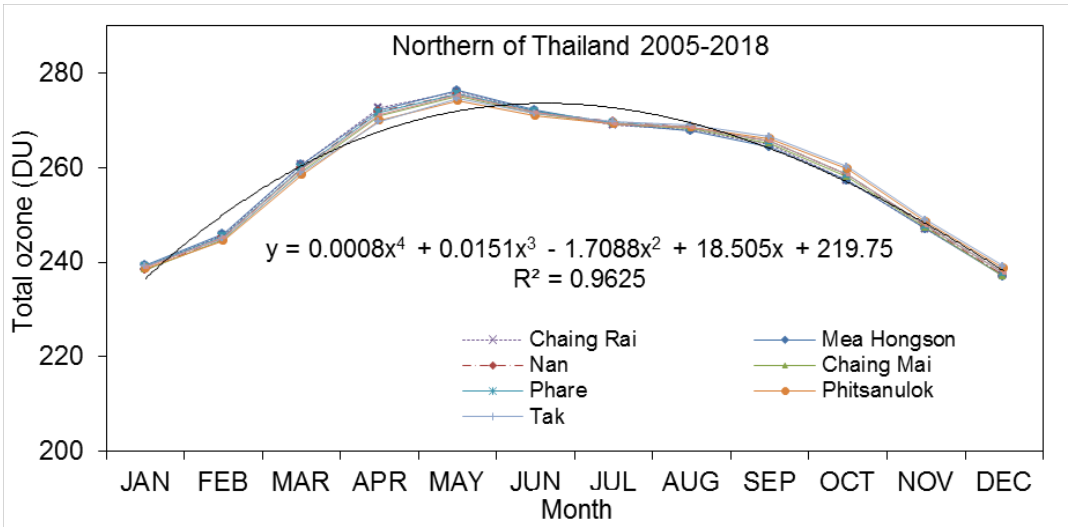
- ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และสมการถดถอย ต่อมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณโอโซนรวมในรายเดือน

- ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของเชียงราย (19.97°N 99.88°E) น่าน (18.78°N 100.78°E) แม่ฮ่องสอน (19.30°N 100.78°E) เชียงใหม่ (18.78°N 98.98°E) แพร่ (18.06°N 99.06°E) พิษณุโลก (16.78° 100.27°E) ตาก (16.88°N 99.12°E) หนองคาย (17.87°N 102.73°E) เลย (17.45°N 101.73°E) นครพนม (16.97°N 104.73°E) ขอนแก่น (16.43°N 102.83°E) อุบลราชธานี (15.25°N 104.87°E) นครราชสีมา (14.97°N 102.08°E) สุรินทร์ (14.88°N 103.50°E) เพชรบูรณ์ (16.43°N 101.15°E) นครสวรรค์ (15.67°N 100.12°E) กาญจนบุรี (14.02°N 99.53°E) กรุงเทมหานคร (13.75°N 100.52°E) ประจวบคีรีขันธ์ (11.83°N

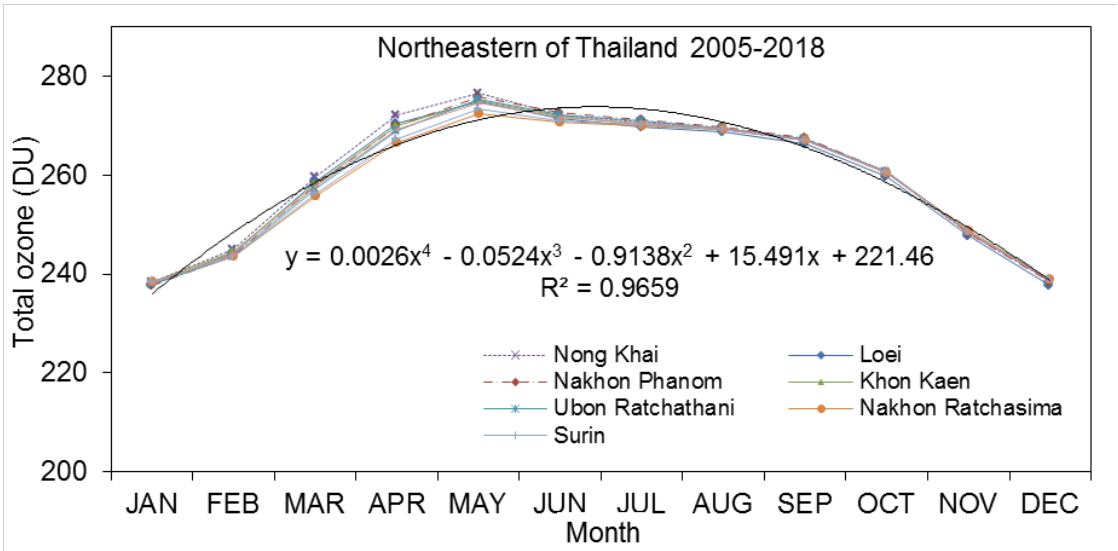
99.83°E) ปราจีนบุรี (14.05°N 101.37°E) สระแก้ว (13.70°N 102.58°E) ชลบุรี (13.37°N 101.97°E) ตราด (11.77°N 102.88°E) ระนอง (9.98°N 98.62°E) ภูเก็ต (8.13°N 98.30°E) ตรัง (7.52°N 99.62°E) ชุมพร (10.40°N 99.18°E) สุราษฎร์ธานี (9.13°N 99.15°E) สงขลา (7.20°N 100.60°E) และนราธิวาส (6.40°N 101.82°E)

ผลและอภิปรายผล

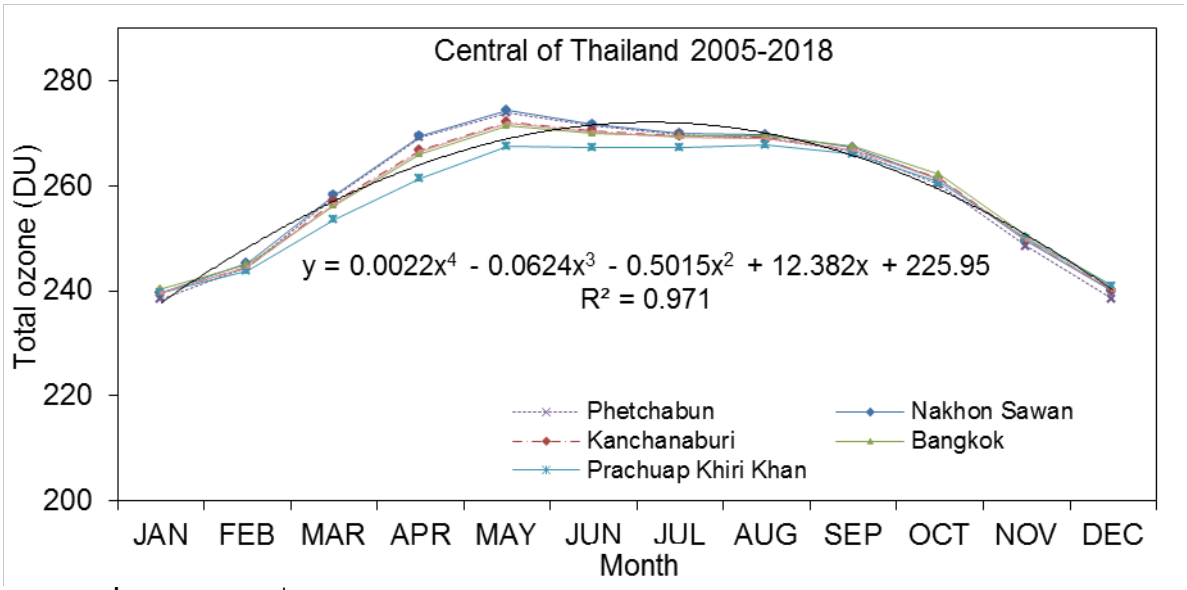
ในงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลปริมาณโอโซนรวมที่ได้จากดาวเทียม Aura/OMI ขององค์การ NASA ที่ระหว่างปี 2005-2018 มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมที่เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พิษณุโลก ตาก หนองคาย เลย นครพนม ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ กาญจนบุรี กรุงเทมหานคร ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ตราด ระนอง ภูเก็ต ตรัง ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และนราธิวาส อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนตามฤดูกาลในรอบปีสำหรับเชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พิษณุโลก ตาก หนองคาย เลย นครพนม ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ กาญจนบุรี กรุงเทมหานคร ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ตราด ระนอง ภูเก็ต ตรัง ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และนราธิวาส จะแสดงไว้ในรูปที่ 3-8 และรูปที่ 9 จะแสดงการเปรียบเทียบผลของปริมาณโอโซนรวมในสถานีหลักทั้ง 6 แห่ง



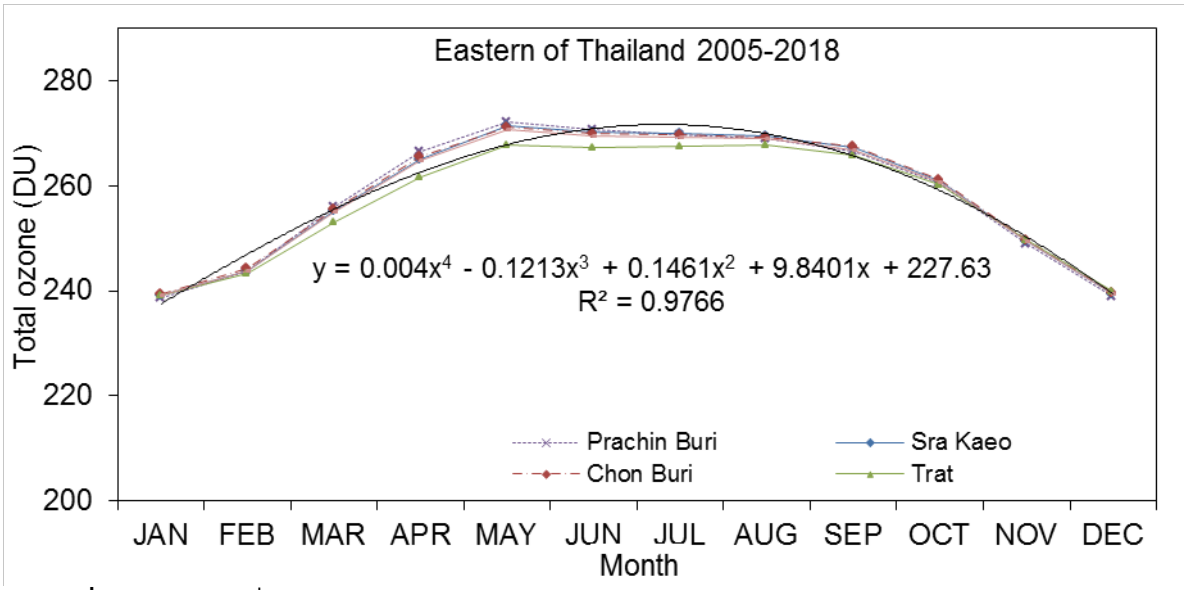
รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมตามฤดูกาลในรอบปีของภาคเหนือสำหรับประเทศไทย



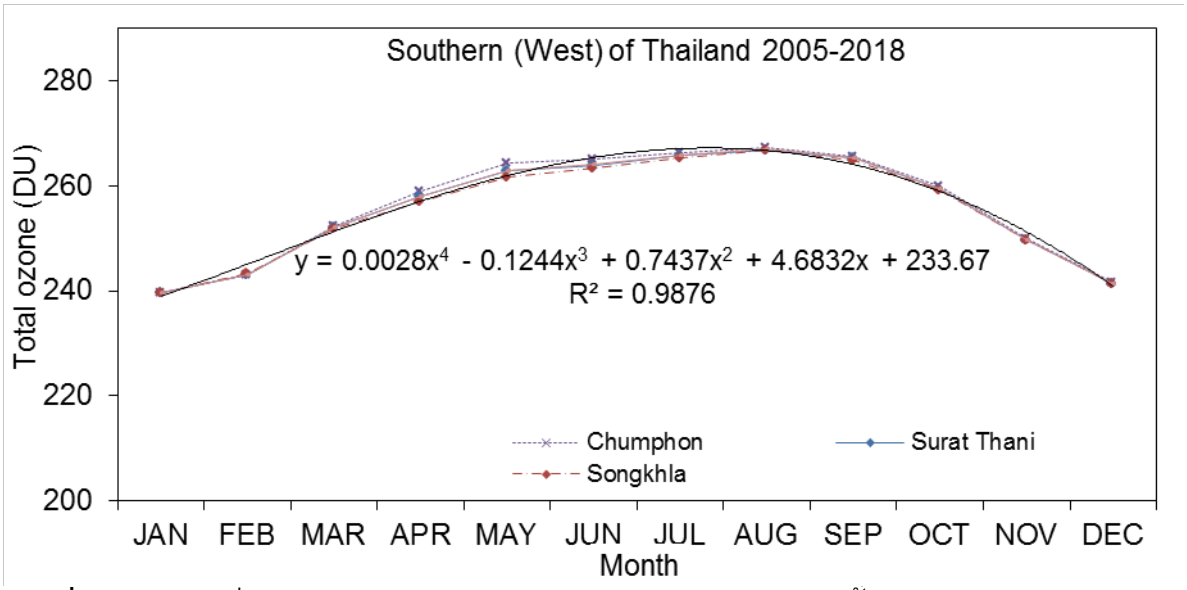
รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมตามฤดูกาลในรอบปีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับประเทศไทย



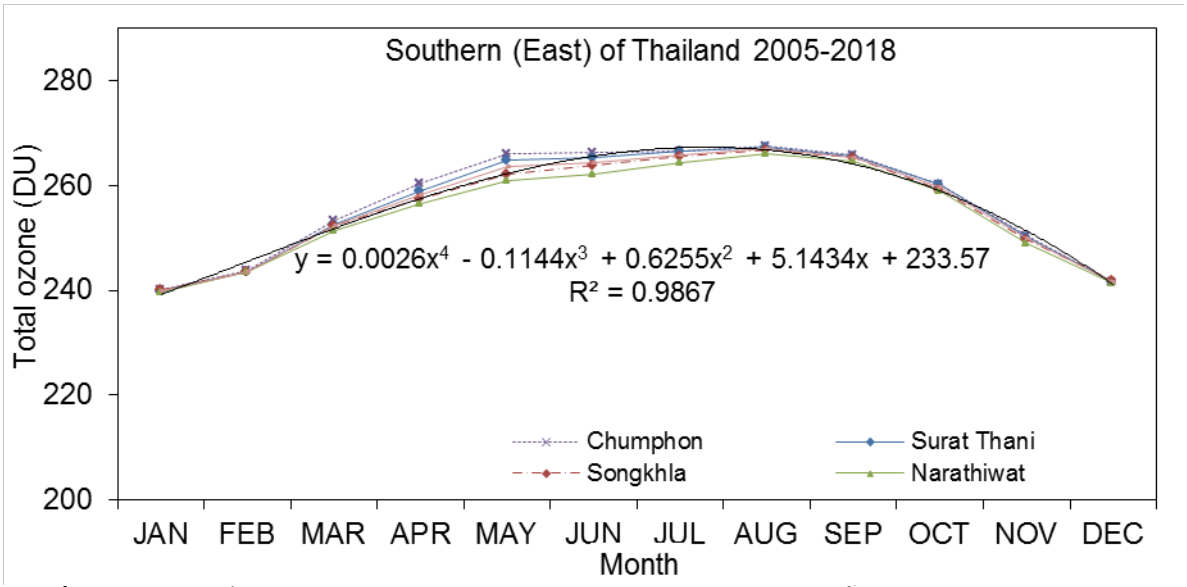
รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมตามฤดูกาลในรอบปีของภาคกลางสำหรับประเทศไทย



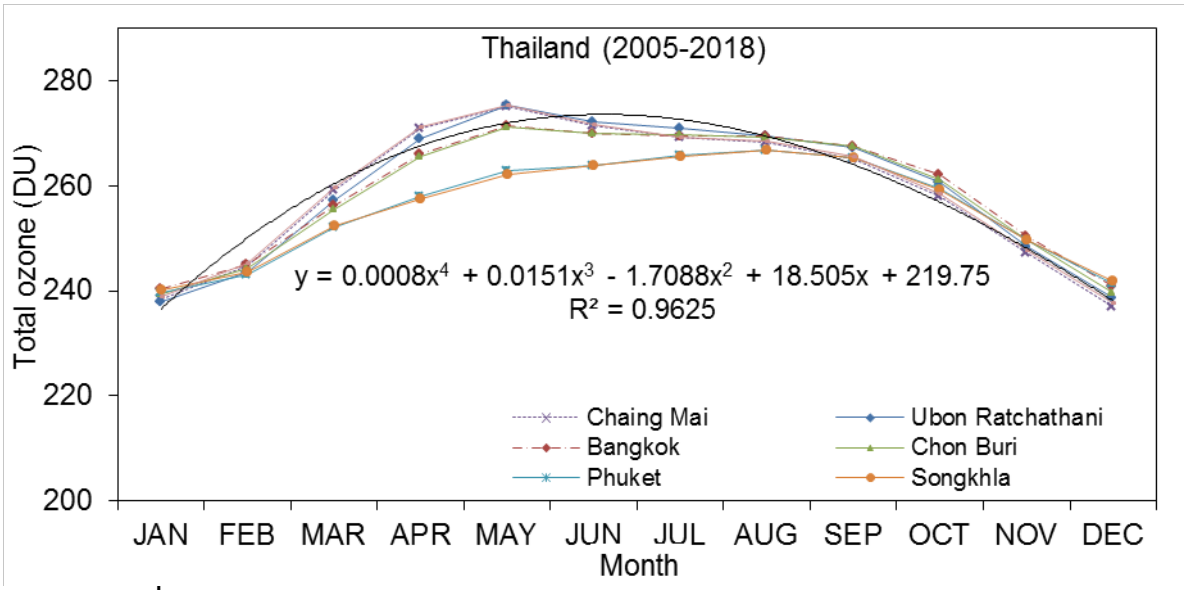
รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมตามฤดูกาลในรอบปีของภาคตะวันออกสำหรับประเทศไทย



รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมตามฤดูกาลในรอบปีของภาคใต้ฝั่งตะวันตกสำหรับประเทศไทย



รูปที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวมตามฤดูกาลในรอบปีของภาคใต้ฝั่งตะวันออกสำหรับประเทศไทย



รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโอโซนรวม (TO) สำหรับ 6 ภูมิภาคหลักของประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณโอโซนรวมในบรรยากาศตามเวลารอบปี จะเห็นว่าทั้ง 30 แห่ง คือเชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พิษณุโลก ตาก หนองคาย เลย นครพนม ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ กาญจนบุรี กรุงเทมหานคร ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ตราด ระนอง ภูเก็ต ตรัง ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และนราธิวาส ในช่วงปี 2005-2018 ปริมาณโอโซนรวมจะมีค่าต่ำในช่วงต้นปี (มกราคม-กุมภาพันธ์) และจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน จากนั้นค่าจะค่อยๆ ลดต่ำลงจนถึงค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม นอกจากนี้จากสมการดังกล่าวให้ค่าสหสัมพันธ์ประมาณ 0.96-0.99 ในกรณีปริมาณโอโซนรวม สำหรับ 6 ภูมิภาคหลักของประเทศไทย กล่าวคือจังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี กรุงเทพมหานคร ชลบุรี มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในรอบปีคล้ายกัน สำหรับจังหวัดภูเก็ต และสงขลามีค่าปริมาณโอโซนรวมสูงสุดในเดือนสิงหาคม

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการวัดข้อมูลปริมาณโอโซนรวมจากดาวเทียม แต่ค่าที่ได้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ และการวัดจากข้อมูลดาวเทียมยังคงต้องใช้สถานีวัดภาคพื้นดินในการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนั้นจึงควรตั้งสถานีวัดโอโซนรวมในประเทศเพิ่มเติมโดยเฉพาะภูมิภาคของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโอโซนรวมในประเทศไทย สำหรับใช้เผยแพร่สู่สาธารณชน เพื่อเพิ่มความตระหนักต่อการปกป้องชั้นโอโซน โดยการหลีกเลี่ยงสารเคมีที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน อย่างไรก็ตามการกระจายตามพื้นที่ และตามความสูงของโอโซนรวมยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของการจำลองแบบสภาวะบรรยากาศ รวมทั้งภูมิอากาศของประเทศดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาเครื่องกล และหลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รวมทั้งองค์การนาซ่า ประเทศอเมริกา

บรรณานุกรม

Farman, J.C., Gardiner, B.G., & Shanklin, J.D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctic reveal seasonal ClxOx/NOx interactions. Nature 315, 207-210

Kuttippurath, J., Kumar, P., Nair, P.J., & Chakraborty, A. (2018). Accuracy of satellite total column ozone measurements in polar vortex conditions: Comparison with ground-based observations in 1979–2013. Remote Sensing of Environment 648-659

Ma, Z., Zhang, X., Xu, J., Zhao, X., & Meng, W. (2011). Characteristics of ozone vertical profile observed in the boundary layer around Beijing in autumn, Journal of Environmental Science 23, 1316-13424.

Solomon, S., Ivy, D.J., Kinnison, D., Mills, M.J., Neely, R.R., & Schmidt, A., (2016). Emergence of healing in Antarctic ozone layer. Science 353(6296), 269-274.