

แบบจำลองสำหรับคำนวณค่าความเข้มรังสีอุลตราไวโอเลตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของ มนุษย์โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

A model for estimating erythemal UV radiation from meteorological satellite data

สุมาลย์ บรรเทิง และเสริม จันทร์ฉาย

ห้องปฏิบัติการวิจัยฟิสิกส์บรรยากาศ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โทร 0-3427-0761 โทรสาร 0-3427-1189 E-mail: sumaman@su.ac.th

Sumaman Buntoung, Serm Janjai

Laboratory of Atmospheric Physics, Physics Department, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

Tel: 0-3427-0761 Fax: 0-3427-1189 E-mail: sumaman@su.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณค่าความเข้มรังสีอุลตราไวโอเลตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์ในบริเวณประเทศไทย แบบจำลองดังกล่าวพิจารณาการส่งผ่านรังสีในบรรยากาศที่ประกอบด้วย ชั้นบรรยากาศเหนือเมฆ ชั้นบรรยากาศใต้เมฆ และพื้นผิวโลก โดยผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตเนื่องจากโอโซนโดยอาศัยข้อมูลปริมาณโอโซนจากดาวเทียม TOMS/EP ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอุลตราไวโอเลตของบรรยากาศและพื้นผิวโลกโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 และแบบจำลองการส่งผ่านรังสี UVSPEC และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเลตเนื่องจากฝุ่นละอองโดยอาศัยข้อมูล ทศวินสัย จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอุลตราไวโอเลตที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดิน ณ สถานีวัด 4 แห่ง ได้แก่ สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี สถานีนครปฐม และสถานีสงขลา โดยใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 2002 พบว่าค่าความเข้มรังสีอุลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าแตกต่างจากการวัดคิดเป็น root mean square differences (RMSD) น้อยกว่า 26%

คำสำคัญ: รังสีอุลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ รังสีดวงอาทิตย์ ข้อมูลดาวเทียม แบบจำลอง

Abstract

This paper presents a model for estimating surface erythemal UV radiation in Thailand. The model is based on a radiative transfer in atmospheric layers, namely the layer between the clouds and the top of the atmosphere and the layer between the clouds and the ground. The erythemal UV transmittance due to the ozone absorption is computed using the total ozone column from TOMS/EP satellite data. The earth-atmospheric reflectivity is derived from meteorology satellite data and a radiative transfer code (UVSPEC). The aerosol absorption

coefficient is determined using the horizontal visibility data. The retrieved erythemal UV radiation are computed with the ground observations made at Chiang Mai, Ubon Ratchathani, Nakhon Pathom and Songkhla stations 2002. The root mean square difference between the erythemal UV radiation calculated from the model and that obtained from the measurement is less than 26%.

Keywords; solar ultraviolet radiation, solar radiation, satellite data, model

1. บทนำ

รังสีอุลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงความยาวคลื่น ได้แก่ UV-A (320-400 nm) UV-B (280-320 nm) และ UV-C (100-280 nm) เมื่อรังสีอุลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศลงมายังพื้นผิวโลก UV-C จะถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศของโลกหมดและเหลือเฉพาะบางส่วนของ UV-A และ UV-B เท่านั้น ซึ่งเป็นรังสีที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่ง UV-B โดยตัวกลางสำคัญที่ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเลตคือก๊าซโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ของโลก

ในปี ค.ศ. 1984 Farman [1] และคณะ ได้ทำการสำรวจโอโซนในบริเวณขั้วโลกใต้ และพบว่าโอโซนมีการลดลงในช่วง 1 ทศวรรษถึง 40 % ต่อมา มีการพบว่าการลดลงของโอโซนไม่ได้มีเฉพาะในบริเวณขั้วโลกใต้เท่านั้น แต่ยังมีพบที่บริเวณ mid-latitude และ high-latitude อีกด้วย โดย Kerr and McElroy [2] ได้เสนอว่าโอโซนในบรรยากาศของโลกมีปริมาณลดลงสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลตจากความสำคัญของการค้นพบดังกล่าวองค์กรสหประชาชาติจึงได้จัดให้มีการประชุมนานาชาติเพื่อหยุดยั้งการสูญเสียบรรยากาศชั้นโอโซนที่เมือง Montreal ประเทศแคนาดา เมื่อปี ค.ศ.1987 และออกข้อกำหนดที่เรียกว่า Montreal protocol ซึ่งเป็นมาตรการระงับการใช้สารเคมีที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์และองค์กรต่างๆ ยังให้ความสนใจต่อการศึกษาและจัดตั้งเครือข่ายสำหรับวัดข้อมูลรังสี

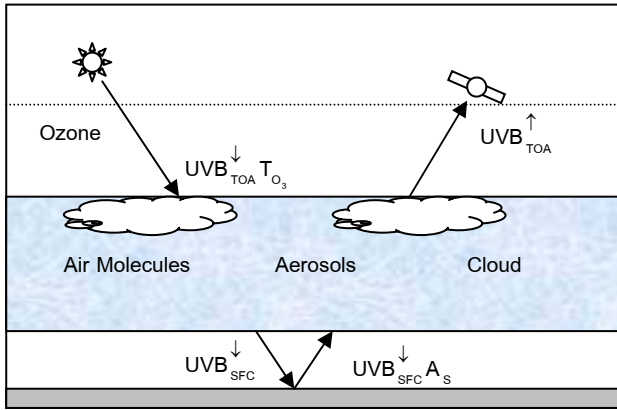
* Corresponding author

อุลตราไวโอเล็ตและโอโซนกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก แต่เนื่องจากเครื่องมือวัดภาคพื้นดินมักมีราคาแพง ทำให้ข้อมูลที่ได้มีจำนวนจำกัด จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณความเข้มรังสีอุลตราไวโอเล็ตโดยอาศัยข้อมูลจากดาวเทียม

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะพัฒนาวิธีการคำนวณความเข้มรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GMS

2. แบบจำลอง

การคำนวณความเข้มรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในงานวิจัยนี้จะประกอบด้วย การเลือกแบบจำลอง การคำนวณสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง และการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการวัด สำหรับแบบจำลองที่ใช้จะดัดแปลงมาจากแบบจำลองของ Li et al. [3] โดยพิจารณาการสมมูลรังสีอุลตราไวโอเล็ตโดยแบ่งบรรยากาศออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ บรรยากาศชั้นเหนือเมฆ บรรยากาศใต้เมฆ และพื้นผิวโลก ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิการถ่ายเทรังสีดวงอาทิตย์

จากรูป เมื่อรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศลงมาจะถูกดูดกลืนและกระเจิงโดยโอโซน โมเลกุลอากาศ เมฆ และฝุ่นละออง โดยบางส่วนจะถูกกระเจิงกลับสู่อวกาศภายนอก สำหรับส่วนที่เหลือจะมาถึงพื้นผิวโลกและบางส่วนจะถูกกระเจิงจากพื้นผิวโลกผ่านบรรยากาศออกไปยังอวกาศภายนอกอีกครั้งหนึ่ง

ดังนั้นเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่สะท้อนกลับสู่อวกาศภายนอกที่บรรยากาศชั้นบนสุด (top of atmosphere, TOA) (UVB_{TOA}^{\uparrow}) กับรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ถูกดูดกลืนโดยพื้นผิวโลก (UVB_{SFC}) ได้ดังสมการ

$$UVB_{SFC} = UVB_{TOA}^{\downarrow} - UVB_{TOA}^{\uparrow} - UVB_{ATM} \quad (1)$$

เมื่อ UVB_{SFC} แทนรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ถูกดูดกลืนโดยพื้นผิวโลก

UVB_{TOA}^{\downarrow} แทนรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบที่ TOA

UVB_{TOA}^{\uparrow} แทนรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่สะท้อนกลับสู่อวกาศภายนอกที่ TOA

UVB_{ATM} แทนรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศของโอโซนและฝุ่นละออง

จากการพิจารณาพบว่า เมื่อรังสีอุลตราไวโอเล็ตตกกระทบที่ TOA จะถูกดูดกลืนด้วยโอโซน ส่วนรังสีที่เหลือจะถูกส่งผ่านมายังบรรยากาศชั้นล่าง จากนั้นรังสีบางส่วนจะถูกสะท้อนกลับเนื่องจากการกระเจิงที่เกิดจากโมเลกุลอากาศ เมฆ ฝุ่นละออง และพื้นผิวโลก โดยรังสีที่สะท้อนกลับนี้จะผ่านชั้นโอโซนและบางส่วนจะถูกดูดกลืนอีกครั้งหนึ่ง สำหรับรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ไม่ถูกกระเจิงจะผ่านชั้นบรรยากาศลงมาและถูกดูดกลืนโดยฝุ่นละออง ส่วนที่เหลือจะมาถึงพื้นผิวโลก ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$UVB_{SFC}^{\downarrow} = \frac{UVB_{TOA}^{\downarrow} T_{O_3} C (1 - R_{UV}) - A_{AER}}{(1 - A_s)} \quad (2)$$

เมื่อ $C = \frac{(1 - A_s)}{(1 - A_s) + A_{AER}^* A_s}$

โดย UVB_{SFC}^{\downarrow} แทนรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบที่พื้นผิวโลก

T_{O_3} แทนสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอุลตราไวโอเล็ตเนื่องจากโอโซน

R_{UV} แทนสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอุลตราไวโอเล็ตเนื่องจากโมเลกุลอากาศ เมฆ ฝุ่นละออง และพื้นผิวโลก

A_{AER} แทนสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีตรง (UV beam) เนื่องจากฝุ่นละออง

A_{AER}^* แทนสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีกระจาย (diffuse UV) เนื่องจากฝุ่นละออง

A_s แทนสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวโลก

ผู้วิจัยได้ทำการหาค่า $UVB_{TOA}^{\downarrow} T_{O_3}$ โดยอาศัยแบบจำลอง UVSPEC ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$UVB_{TOA}^{\downarrow} T_{O_3} = 1.167 E_0 \cos \theta_z \exp[-4.012 \ell m_a] \quad (3)$$

เมื่อ $UVB_{TOA}^{\downarrow} T_{O_3}$ แทนความเข้มรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ผ่านบรรยากาศชั้นโอโซนลงมา [W/m^2]

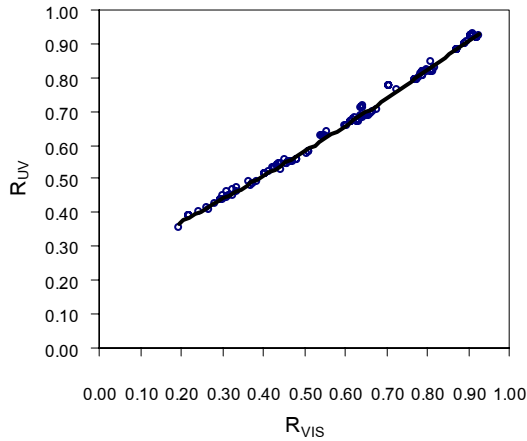
E_0 แทนแฟกเตอร์สำหรับแก้ผลจากการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์

θ_z แทนมุมเซนธิซของดวงอาทิตย์

ℓ แทนปริมาณโอโซน [cm]

m_a แทน air mass

ผู้วิจัยอาศัยแบบจำลอง UVSPEC เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การสะท้อนของบรรยากาศและพื้นผิวโลกในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต (R_{UV}) และความยาวคลื่นแสงสว่าง (R_{VIS}) โดยได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง R_{UV} กับ R_{VIS}

และเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$R_{UV} = 0.1833R_{VIS}^2 + 0.5611R_{VIS} + 0.2544 \quad (4)$$

สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของรังสีอัลตราไวโอเล็ตเนื่องจากฝุ่นละอองจะอาศัยสมการดังนี้

$$A_{AER} = 1 - \exp(-m_a \tau_a) \quad (5)$$

$$A_{AER} = 1 - \exp(-1.66\tau_a) \quad (6)$$

เมื่อ A_{AER} แทนสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีตรง (UV beam) เนื่องจากฝุ่นละออง

A_{AER}^* แทนสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีกระจาย (diffuse UV) เนื่องจากฝุ่นละออง

τ_a แทน aerosol absorbing optical depth

m_a แทน air mass

โดยค่า aerosol absorbing optical depth มีความสัมพันธ์กับค่า total aerosol optical depth (τ_a) และค่า aerosol single scattering (ω_0) ตามสมการ

$$\tau_a = (1 - \omega_0)\tau_a \quad (7)$$

ผู้วิจัยจะหาค่า τ_a โดยใช้สูตร Angstrom [4] ดังสมการ

$$\tau_a = \beta\lambda^{-\alpha} \quad (8)$$

เมื่อ β แทน Angstrom's turbidity coefficient

α แทน wavelength exponent

λ แทน ความยาวคลื่น [μm]

สำหรับค่า Angstrom's turbidity coefficient (β) ผู้วิจัยจะทำการคำนวณจากค่าทัศนวิสัย (visibility) โดยอาศัยสมการของ Janjai et al. [5] ซึ่งเขียนได้ดังสมการ

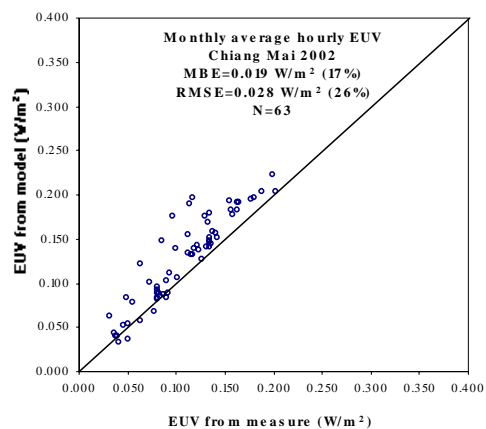
$$\beta = 0.589 - 0.068(\text{VIS}) + 0.0019(\text{VIS})^2 \quad (9)$$

เมื่อ β แทน Angstrom's turbidity coefficient

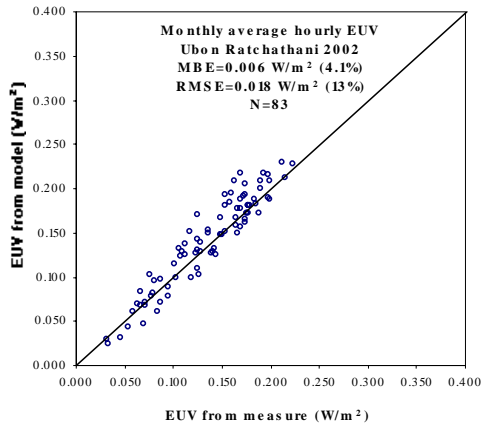
VIS แทนทัศนวิสัย [km]

3. การทดสอบความถูกต้องแบบจำลอง

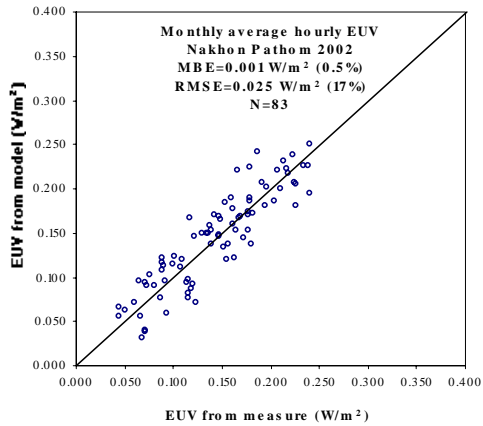
เนื่องจากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีความสำคัญต่อการนำแบบจำลองไปใช้งานต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองดังกล่าว โดยนำแบบจำลองไปคำนวณหาค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ณ ตำแหน่งสถานีวัดภาคพื้นดิน 4 แห่ง ได้แก่ สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี สถานีนครปฐม และสถานีสงขลา ซึ่งทำการวัดค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์ด้วยเครื่องวัด UV Biometer (model 501A) ของบริษัท Solar Light โดยใช้ข้อมูลของปี ค.ศ. 2002 ผลจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการวัดแสดงไว้ดังรูปที่ 3 - 6 จากรูปจะเห็นว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองกับค่าที่ได้จากการวัดมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแตกต่างกันในรูปของ root mean square difference (RMSD) ระหว่าง 7.7% - 26%



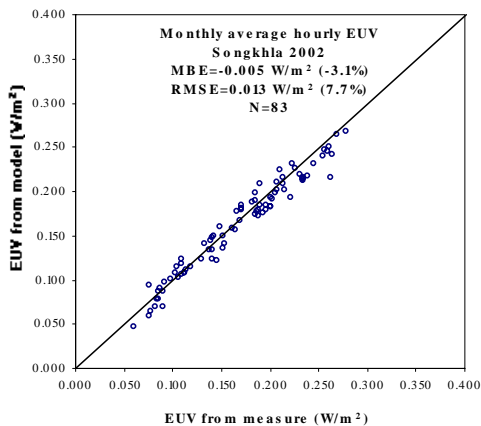
รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์ที่ได้จากแบบจำลองและค่าจากการวัด ปี ค.ศ. 2002 ของสถานีเชียงใหม่



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการวัด ปี ค.ศ. 2002 ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการวัด ปี ค.ศ. 2002 ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังของมนุษย์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าจากการวัด ปี ค.ศ. 2002 ของสถานีสงขลา

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบของแต่ละสถานีพบว่า สถานีเชียงใหม่มีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่สูงกว่าค่าที่ได้จากการวัด ส่วนสถานีอุบลราชธานี สถานีนครปฐม และสถานีสงขลา ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าใกล้เคียงกันเป็นอย่างดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อมูลที่ศวินวีย์ของสถานีเชียงใหม่มีค่าค่อนข้างสูง และมีการเปลี่ยนแปลงในรอบปีต่างจากสถานีอื่น ๆ

อย่างไรก็ตามสำหรับงานด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมีปริมาณเพียง 4% ของสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด (broad-band solar radiation) การคำนวณให้ความละเอียดถูกต้องสูงนั้นจึงทำได้ยาก

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยอาศัยการสมมูลรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก ที่มีการนำข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองดังกล่าว โดยคำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแบบจำลองดังกล่าวแล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวัดภาคพื้นดิน ผลการเปรียบเทียบพบว่า ค่าที่ได้จากแบบจำลองแตกต่างจากค่าที่ได้จากการวัดในรูปของ RMSD อยู่ในช่วง 7.7% - 26%

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Farman, J.C., B.G. Gardinear, and J.D.Shanklin, "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x NO_x interaction," Nature, Vol. 315, pp. 207-210, 1985.
2. Kerr, J. B., and C. T. McElroy, "Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion," Science, Vol. 262, pp. 1032-1034, 1993.
3. Zhanqing Li, Pucal Wang, and Josef Cihlar, "A simple and efficient method for retrieving surface UV radiation dose rate from satellite," Journal of Geophysical Research, Vol. 105, pp. 5027-5036, 2000.
4. Angstrom, A., "On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air," Geografis. Annal., Vol. 2, pp. 156-166, 1929.
5. Janjai S., Kumharn W., and Laksanaboonsong J., "Determination of Angstrom's turbidity coefficient over Thailand," Renewable Energy, Vol. 28, pp. 1685-1700, 2003.