

การศึกษาค่ารังสีอาทิตย์เปรียบเทียบกับค่าที่ประมาณได้จากภาพถ่ายดาวเทียม

STUDY OF SOLAR RADIATION WITH ESTIMATING FROM SATELLITE DATA

รังสิต ศรจิตติ, พิชัย นามประกาย และ จงจิตร หิรัญลาภ
คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

Rangsit Sarachitti, Pichai Namprakai and Jongjit Hirunlabh
Energy Technology Department, School of Energy and Materials,
King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปริมาณรังสีอาทิตย์รายวันกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี 2538 สำหรับประเทศไทย โดยใช้ค่ารังสีรวมรายวันบนพื้นราบจาก 17 จังหวัดทั่วประเทศและภาพถ่ายจากดาวเทียม NOAA ซึ่งเป็นดาวเทียมที่ใช้ประโยชน์ทางด้านอุตุนิยมวิทยาขององค์การสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา การวิเคราะห์ใช้วิธีถดถอยเชิงเส้นเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ทางสถิติ ความสัมพันธ์นี้ได้จากหลักการสมดุลพลังงานระหว่างผิวโลกกับชั้นบรรยากาศ ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าการสะท้อน (Albedo) ซึ่งสามารถหาได้จากภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ 2 ($0.725 - 1.1 \mu\text{m}$) นอกจากนี้ในอีกกรณีได้นำตำแหน่งละติจูดของสถานีวัดรังสีมาพิจารณาด้วย ผลการวิเคราะห์ทั้งสองกรณีพบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ย 0.65 ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ย 20 % ของค่าการส่งผ่านรังสีของชั้นบรรยากาศเฉลี่ย และจากการทดสอบทางสถิติพบว่าความสัมพันธ์ที่หาได้ส่วนใหญ่มีนัยสำคัญ แม้ว่าข้อมูลจะค่อนข้างกระจาย ทำให้สามารถสรุปได้ว่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกมีความสัมพันธ์กับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมที่วิเคราะห์ได้

คำสำคัญ (Key Words) : รังสีอาทิตย์ / การส่งผ่านรังสีในบรรยากาศ / การวัดการสะท้อนด้วยดาวเทียม / อัลบีโด / ดาวเทียม NOAA

ABSTRACT

The objective of this research is to study the statistical relationship between solar radiation and 1995 satellite images of Thailand. Daily horizontal global radiation from 17 provinces all over Thailand are used. Satellite images are obtained from NOAA satellites, the meteorological satellites of National Oceanic and Atmospheric Administration, USA. The relationships are developed by using regression analysis based on the energy balance between earth surface and atmosphere. The satellite data used in analysis is albedo which is obtained from the images of channel 2 ($0.725 - 1.1 \mu\text{m}$). In the other case, station latitudes are also considered. The mean correlation coefficient is 0.65 and the mean standard error is 20 % of the mean atmospheric transmissivity. Statistical test showed that most of relations are significant though the data are somewhat scattered. Finally, it can be summarized that the measured solar radiation and satellite images data are correlated.

Key Words : Solar radiation / Solar atmospheric transmission / Satellite reflectivity measurement / Albedo / NOAA satellites

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานนอกแบบที่สำคัญซึ่งมีศักยภาพและความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในอนาคต พลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้ในระบบทำความร้อนด้วยตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เป็นต้น การที่จะออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบในบริเวณที่ตั้งของระบบพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ๆ ปัจจุบันปริมาณรังสีอาทิตย์สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดรังสีที่เรียกว่า ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งติดตั้งอยู่ตามสถานีภาคพื้นดินกระจายอยู่ในแต่ละภูมิภาค แต่เนื่องจากเครื่องมือมีราคาค่อนข้างสูง และต้องการการดูแลรักษา จึงทำให้

สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัดรังสีมีจำนวนน้อย ระยะห่างระหว่างสถานีค่อนข้างไกล ข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่นำมาใช้ประโยชน์จึงให้ความเที่ยงตรงไม่เพียงพอ อีกทั้งสภาวะบรรยากาศของโลกที่เปลี่ยนไปทุกปี ทำให้ต้องการข้อมูลแสงอาทิตย์ที่เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ วิธีหนึ่งที่สามารถขจัดปัญหาได้ คือ การประมาณค่ารังสีอาทิตย์โดยอาศัยข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจะอาศัยหลักการที่ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสดงถึงปริมาณรังสีที่สะท้อนกลับออกนอกบรรยากาศจากสมดุลพลังงานแสงอาทิตย์ในชั้นบรรยากาศโลก เราพบว่าปริมาณรังสีที่ตกกระทบพื้นโลกกับปริมาณรังสีที่สะท้อนกลับออกนอกบรรยากาศมีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์เชิงสถิติของตัวแปรทั้งสองนี้เมื่อหาได้จะถูกนำไปใช้ในการประเมินศักยภาพแสงอาทิตย์ และใช้

ออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อไป

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นดาวเทียมที่ใช้สำรวจชั้นบรรยากาศของโลกมี 2 ประเภทแบ่งตามลักษณะการโคจร คือ Geostationary เป็นการโคจรในลักษณะที่สอดคล้องกับการหมุนของโลก และ Polar Orbit ซึ่งมีลักษณะการโคจรอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ของโลก ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่บันทึกภาพบริเวณประเทศไทยมี 2 ดวง คือ GMS (Geostationary) และ NOAA (Polar Orbit) สำหรับดาวเทียม NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) เป็นดาวเทียมขององค์การสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา มีดาวเทียมปฏิบัติการ 2 ดวง คือ NOAA-12 และ NOAA-14 ดาวเทียม NOAA โคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 850 กิโลเมตร มีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเหนือ-ใต้ 2 ลักษณะ คือ NOAA-12 จะเคลื่อนที่จากเหนือไปใต้ผ่านบริเวณเส้นศูนย์สูตรเวลาประมาณ 7:30 และ 19:30 น. (เวลาท้องถิ่น) ส่วน NOAA-14 เคลื่อนที่จากใต้ไปเหนือผ่านเส้นศูนย์สูตรเวลาประมาณ 2:30 และ 14:30 น. (เวลาท้องถิ่น) ระบบบันทึกข้อมูลของดาวเทียม NOAA คือ AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) ทำการถ่ายภาพทั้งหมด 5 ช่วงคลื่น ดังนี้

Channel 1, $0.58 - 0.68 \mu m$ (Visible)

Channel 2, $0.725 - 1.10 \mu m$ (Near Infrared)

Channel 3, $3.55 - 3.93 \mu m$ (Infrared)

Channel 4, $10.3 - 11.3 \mu m$ (Thermal Infrared)

Channel 5, $11.5 - 12.5 \mu m$ (Thermal Infrared)

รายละเอียดของภาพ 1.1 กิโลเมตรในแนวดิ่ง ความกว้างของแนวภาพประมาณ 2,800 กิโลเมตร ดาวเทียม NOAA แต่ละดวงบันทึกข้อมูลวันละ 2 ครั้ง ทั้งกลาง

วันและกลางคืน จึงได้รับภาพทั้งหมด 4 ครั้งต่อวัน ข้อมูลที่ได้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจอุณหภูมิเมฆ อุณหภูมิผิวน้ำทะเล อุณหภูมิผิวน้ำดิน และดัชนีพืชพรรณ เป็นต้น [1,2,3] รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม NOAA บริเวณประเทศไทย



รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียม NOAA-14 AVHRR Channel 2 ในวันที่ 16 ธันวาคม 2538 เวลาประมาณ 6:40 GMT

2. หลักการประมาณค่ารังสีอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียม

การประมาณค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา โดยทั่วไปจะอาศัยหลักของสมดุลพลังงาน ดังนี้ กำหนดให้

G_o = ปริมาณรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศ

G_g = ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนโดยพื้นโลก

G_A = ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศ
 G_R = ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่สะท้อนกลับออกนอกบรรยากาศ
 G_S = ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก
 A_S = อัตราการสะท้อนแสงของพื้นโลก (Surface Albedo)

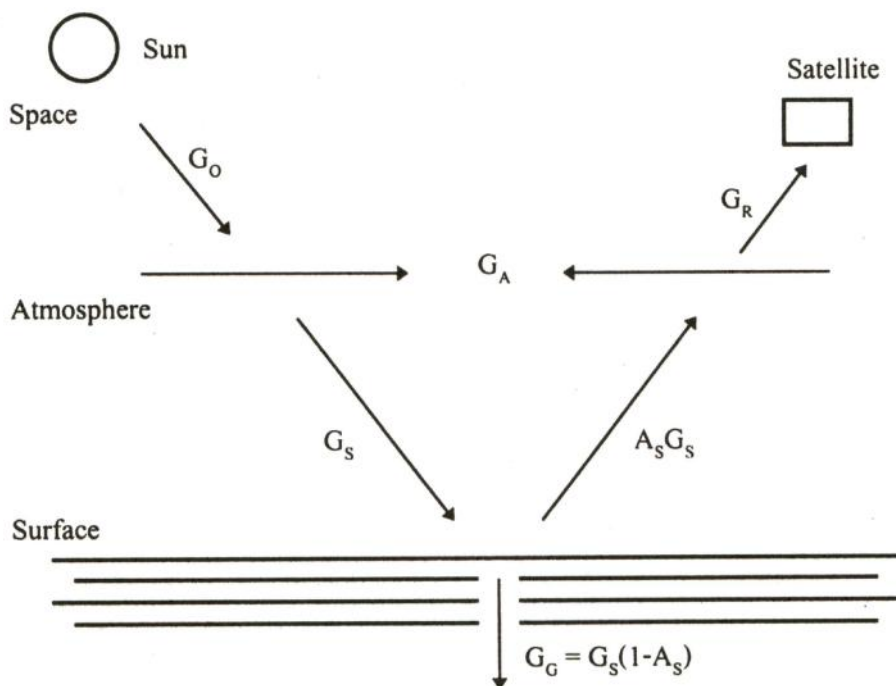
ปริมาณรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศของโลก จะมีค่าเท่ากับผลรวมของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนโดยพื้นโลก ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนในชั้น

บรรยากาศ และปริมาณรังสีอาทิตย์ที่สะท้อนกลับออกนอกบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2 และอาจแทนได้ด้วยสมการ

$$G_O = G_G + G_A + G_R \quad (1)$$

เนื่องจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนกลับโดยพื้นโลกมีค่าเท่ากับ $A_S G_S$ ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนโดยพื้นโลกจึงเท่ากับ $G_S(1-A_S)$ ดังนั้น

$$G_O = G_S(1-A_S) + G_A + G_R \quad (2)$$



รูปที่ 2 สมดุลพลังงานแสงอาทิตย์

ย้ายข้างและจัดรูปสมการใหม่ได้

$$\frac{G_S}{G_O} = \frac{1}{(1-A_S)} \left[1 - \frac{G_A}{G_O} - \frac{G_R}{G_O} \right] \quad (3)$$

สมมติว่าปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศ และอัตราการสะท้อนแสงของพื้นโลกมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา จะได้สมการที่ใช้ในการประมาณค่ารังสีอาทิตย์ดังนี้

$$\frac{G_S}{G_O} = a + b \frac{G_R}{G_O} \quad (4)$$

เมื่อ $a = \frac{1}{(1-A_S)} \left[1 - \frac{G_A}{G_O} \right]$

และ $b = - \frac{1}{(1-A_S)}$

ค่า G_S ได้จากการวัดโดยสถานีภาคพื้นดิน G_O ได้จากการคำนวณจากค่าคงที่แสงอาทิตย์ G_R ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เทอม G_S/G_O เรียกว่า ค่าสภาพการส่งผ่านรังสีของบรรยากาศ (Atmospheric Transmissivity) เทอม G_R/G_O อาจเรียกว่า ค่า

การสะท้อนหรืออัลบีโด (Albedo, A) ซึ่งวัดโดยดาวเทียม a และ b เป็นค่าคงที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ระหว่าง G_s/G_o กับ G_R/G_o

สมการ (4) ได้ถูกพัฒนาและใช้โดย Hay และ Hanson [4,5] ความสำเร็จของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความคงที่ของพารามิเตอร์ a และ b จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักวิธีทางกายภาพของ Nunez [6] พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการส่งผ่านรังสีมากที่สุด คือ การดูดกลืนของละอองในอากาศ รองลงมา คือ การสะท้อนของเมฆ การดูดกลืนของไอน้ำ และการสะท้อนของพื้นโลก ตามลำดับ หากตัวแปรเหล่านี้มีค่าค่อนข้างคงที่ไม่แปรปรวนมากนัก สมการ (4) จะสามารถใช้ได้ผลดี

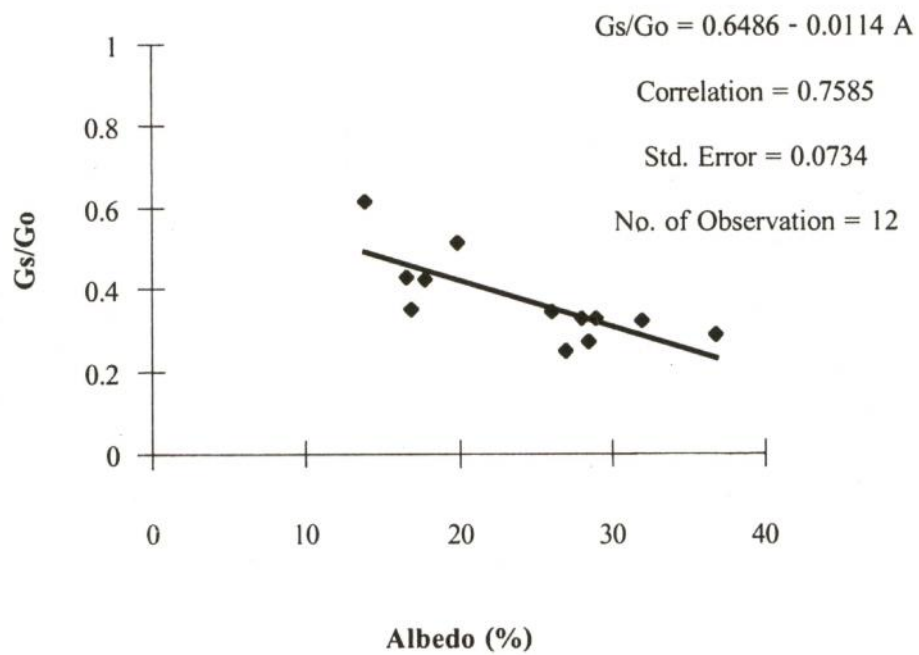
3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในบริเวณประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2538 ข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์ที่วัดโดยสถานีภาคพื้นดินใช้ค่ารังสีรวมรายวัน (Daily Global Radiation) ซึ่งวัดโดยไพโรมิเตอร์ชนิด Thermopile (1st class) และ Bimetallic (3rd class) จาก 17 จังหวัดทั่วประเทศ ได้แก่ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน เลย หนองคาย สกลนคร มุกดาหาร ขอนแก่น นครสวรรค์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี นครราชสีมา กาญจนบุรี กรุงเทพฯ ฉะเชิงเทรา ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง และสุราษฎร์ธานี ข้อมูลปริมาณรังสีของกรุงเทพฯ ได้รับจากสายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ข้อมูลจากสถานีอื่นได้รับจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม NOAA ในช่วงคลื่นที่ 2 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ การวิเคราะห์ได้แยกออกเป็น 2

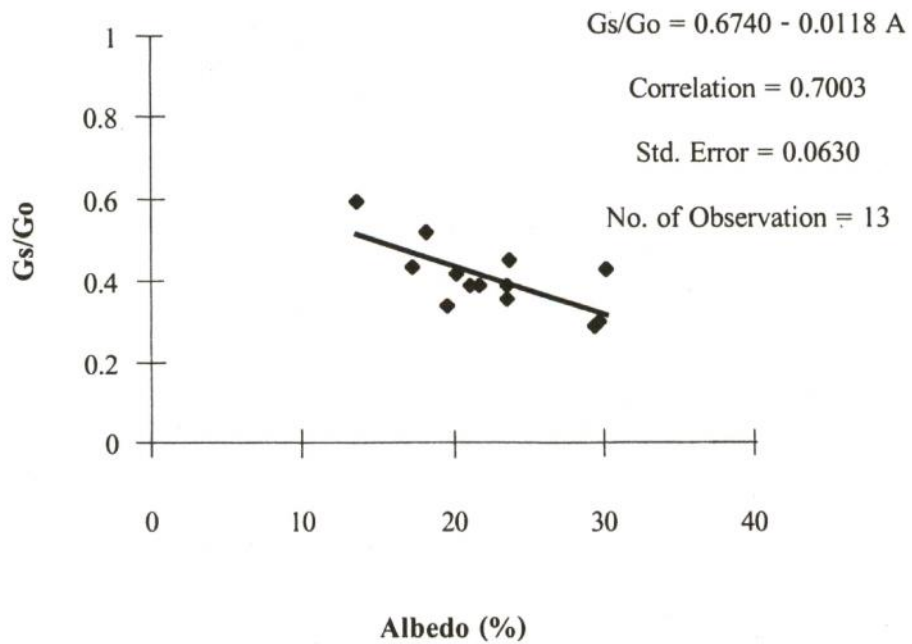
กรณี โดยทั้งสองกรณีจะทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีรวมรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศกับค่าอัลบีโดแต่ในกรณีที่สองจะนำตำแหน่งละติจูดของสถานีวัดรังสีภาคพื้นดินมาร่วมพิจารณาด้วย

4. ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีรวมรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศกับค่าอัลบีโดโดยใช้สมการ (4) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากตารางจะเห็นว่าสัมประสิทธิ์การถดถอย b จะมีค่าติดลบเสมอซึ่งชี้ให้เห็นว่าหากปริมาณการสะท้อนแสงกลับออกนอกบรรยากาศมีค่ามากขึ้น ปริมาณรังสีที่ตกกระทบพื้นโลกจะมีค่าลดลง ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่าค่าสหสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยนี้มีข้อมูลที่เหมาะสมค่อนข้างน้อยจึงเลือกใช้ข้อมูลจากทุกสถานีโดยไม่คำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศและละติจูดของแต่ละสถานี นอกจากนี้ในขั้นตอนกำหนดพิกัดระหว่างแผนที่กับภาพถ่ายดาวเทียมอาจให้ความคลาดเคลื่อนสูง พิกัดบนภาพจึงอาจไม่ใช่พิกัดจริง จากการทดสอบความมีนัยสำคัญของสมการถดถอยแต่ละสมการพบว่ามีความสำคัญ 8 สมการ โดยเดือนที่มีนัยสำคัญ ได้แก่ มกราคม กุมภาพันธ์ มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม จึงอาจกล่าวได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีรวมรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศกับค่าอัลบีโดมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเส้นตรง แต่มีการกระจายของข้อมูลรอบเส้นถดถอยสูงซึ่งหากใช้ข้อมูลจำนวนมากและแยกวิเคราะห์แต่ละสถานที่จะให้ความสัมพันธ์ที่ตกว่านี้มาก รูปที่ 3 และ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีรวมรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศกับค่าอัลบีโดในเดือนมิถุนายนและสิงหาคม ตามลำดับ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_s/G_o กับ Albedo ในเดือนมิถุนายน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_s/G_o กับ Albedo ในเดือนสิงหาคม

นอกจากนี้หากนำละติจูดของที่ตั้งสถานีวัดปริมาณรังสีภาคพื้นดินเข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วยโดยใช้รูปแบบ

$$\frac{G_s}{G_o} = a + bA + c\phi \quad (5)$$

เมื่อ ϕ = ตำแหน่งของเส้นละติจูด

a, b, c = ค่าคงที่สัมประสิทธิ์การถดถอย

โดยทั่วไปแล้วตำแหน่งของละติจูดมีผลกระทบต่อปริมาณรังสีอาทิตย์บนพื้นโลก ซึ่งโดยเฉลี่ยตลอดปีจะพบว่าตำแหน่งละติจูดต่ำจะได้รับปริมาณรังสีสูงกว่าตำแหน่งที่มีละติจูดสูง แต่ทั้งนี้ลักษณะของภูมิประเทศก็เป็นอีกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่ารังสีค่อนข้างมาก ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2 สำหรับการทดสอบ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีรวมรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศกับค่าอัลบีโด

เดือน	a	b	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของ G_s/G_o	จำนวนค่าสังเกต
มกราคม	0.6024	-0.0594	0.7225	0.1287	0.4125	13
กุมภาพันธ์	0.5413	-0.0237	0.6421	0.0728	0.4324	13
มีนาคม	0.6912	-0.0318	0.5543	0.0585	0.5140	11
เมษายน	0.8049	-0.0196	0.4950	0.1208	0.5027	16
พฤษภาคม	0.5862	-0.0216	0.4984	0.1049	0.4260	14
มิถุนายน	0.6486	-0.0114	0.7585	0.0734	0.3709	12
กรกฎาคม	0.5294	-0.0047	0.6271	0.0989	0.3604	16
สิงหาคม	0.6740	-0.0118	0.7003	0.0630	0.4082	13
ตุลาคม	0.8405	-0.0244	0.6966	0.0875	0.4309	14
พฤศจิกายน	0.6315	-0.0113	0.8354	0.0736	0.4503	17
ธันวาคม	0.7143	-0.0160	0.5979	0.1113	0.4890	13

หมายเหตุ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละเดือนไม่เท่ากันเนื่องจากบางสถานีวัดไม่มีข้อมูลค่ารังสีในบางวันและเนื่องจากข้อมูลในเดือนกันยายนให้ความคลาดเคลื่อนสูง ในที่นี้จึงไม่ได้แสดงผล

ความมีนัยสำคัญของสมการถดถอยพบว่าเดือนที่มีนัยสำคัญ ได้แก่ มกราคม กุมภาพันธ์ มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคม และพฤศจิกายน เปรียบเทียบผลที่ได้กับรูปแบบแรกพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานใกล้เคียงกัน และจำนวนสมการที่มีนัยสำคัญน้อยกว่ารูปแบบแรก อาจเป็นไปได้ว่าในการพิจารณาทางสถิติโดยไม่คำนึงถึงหลักทางกายภาพ ตำแหน่งที่ตั้งสถานีภาคพื้นดินอาจมีผลกระทบไม่มากนัก แต่ทั้งนี้ควรทดสอบโดยใช้ข้อมูลจำนวนมากจึงจะสรุปได้ จากที่กล่าวมาหากจะนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปประมาณค่ารังสีอาทิตย์ควรเลือกรูปแบบแรกจะเหมาะสมกว่า

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีรวมรายวันต่อรังสีนอกบรรยากาศกับค่าอัลบีโดและตำแหน่งของเส้นละติจูด

เดือน	a	b	c	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของ G_s/G_o
มกราคม	1.0293	-0.0766	-0.0243	0.7747	0.1235	0.4125
กุมภาพันธ์	0.6982	-0.0198	-0.0114	0.7103	0.0701	0.4324
มีนาคม	0.8375	-0.0252	-0.0119	0.6324	0.0577	0.5140
เมษายน	1.0016	-0.0104	-0.0219	0.5952	0.1160	0.5027
พฤษภาคม	0.8169	-0.0179	-0.0169	0.6005	0.1011	0.4260
มิถุนายน	0.7516	-0.0113	-0.0066	0.7686	0.0759	0.3709
กรกฎาคม	0.4611	-0.0049	0.0049	0.6367	0.1016	0.3604
สิงหาคม	0.7711	-0.0096	-0.0095	0.7518	0.0610	0.4082
ตุลาคม	0.8048	-0.0247	0.0028	0.6999	0.0910	0.4309
พฤศจิกายน	0.5168	-0.0102	0.0064	0.8427	0.0746	0.4503
ธันวาคม	0.9617	-0.0203	-0.0127	0.6417	0.1117	0.4890

5. สรุป

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัดโดยไพรานอมิเตอร์กับข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในช่วงปานกลางและมีการกระจายของข้อมูลรอบเส้นกคดอยสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากหลายสาเหตุโดยสาเหตุที่สำคัญ คือ จำนวนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้มีจำนวนน้อย และในการวิเคราะห์ไม่ได้คำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศของ

แต่ละสถานีวัดรังสี ซึ่งมีผลต่อปริมาณรังสีที่ตกกระทบและสะท้อนกลับออกนอกบรรยากาศ นอกจากนี้ข้อมูลรังสีจากการวัดก็อาจผิดพลาดได้ถ้าอุปกรณ์ไม่ได้มาตรฐาน แม้ว่าข้อมูลที่ใช้จะมีจำนวนน้อย แต่ความสัมพันธ์ที่ได้ส่วนใหญ่มีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งคือค่าอัลบีโด (Albedo) กับข้อมูลรังสีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กัน หากใช้ข้อมูลดาวเทียมจำนวนมากและคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศด้วยจะได้ความสัมพันธ์ที่ดีกว่านี้มาก

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, จากห้วง
อวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย ฉบับย่อ, โรงพิมพ์คุรุสภา-
ลาดพร้าว, 2538
2. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., *Remote
Sensing and Image Interpretation*, John
Wiley & Sons, New York, 1994.
3. Richards, J.A., 1986, *Remote Sensing
Digital Image Analysis; An Introduction*,
Springer-Verlag, Berlin, 1986.
4. Exell, R.H.B., Mapping Solar Radiation by
Meteorological Satellite, *Renewable
Energy Review Journal*, 1984, 6(1), 27-39.
5. Noia, M., Ratto, C.F. and Festa, R., Solar
Irradiance Estimation from Geostationary
Satellite Data : I. Statistical Models, *Solar
Energy*, 1993, 51(6), 449-456.
6. Nunez, M., Use of Satellite Data in Regional
Mapping of Solar Radiation, In Szokology,
S.V., *Solar World Congress*, Vol. 4, The
International Solar Energy Society Congress,
Perth, 1983.