



การศึกษารังสีอัลตราไวโอเลตกระจายจากดวงอาทิตย์จากการวัดที่สถานี 4 แห่งในภูมิภาคหลักของ
ประเทศไทย



โดย
นายเทพปัญญา แยมเสียง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจายจากดวงอาทิตย์จากการวัดที่สถานี 4 แห่งในภูมิภาค
หลักของประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

A STUDY OF DIFFUSE SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION FROM THE
MEASUREMENTS AT 4 STATIONS IN THE MAIN REGIONS OF THAILAND



By
MR. Tappanya YAMSEANG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (PHYSICS)
Department of PHYSICS
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2018
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ การศึกษารังสีอัลตราไวโอเลตกระจายจากดวงอาทิตย์จากการวัดที่
สถานี 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย
โดย เทพปัญญา แยมเสียง
สาขาวิชา ฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อีสระ มะศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมามาลย์ บรรเทียง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กীরติ เกิดศิริ)

60306201 : ฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทบัณฑิต

คำสำคัญ : รังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ / รังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจาย

นาย เทพปัญญา แยมเสียง: การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจายจากดวงอาทิตย์จากการวัดที่สถานี 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่สถานี 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย ได้แก่ สถานีเชียงใหม่ (18.78°N, 98.98°E) สถานีอุบลราชธานี (15.25°N, 104.87°E) มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม (13.82°N, 100.04°E) และสถานีสงขลา (7.20°N, 100.60°E) โดยใช้ข้อมูล 8 ปี (ค.ศ. 2011-2018) จากการวิเคราะห์การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายตามเวลาในรอบวัน พบว่าการแปรค่าของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีความคล้ายคลึงกัน คือค่าจะเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคมไปถึงเดือนเมษายน จากนั้นจะค่อนข้างคงที่ไปถึงเดือนสิงหาคม และจะลดลงไปจนถึงเดือนธันวาคม ส่วนสถานีสงขลาจะแตกต่างออกไปคือมีค่าสูงตั้งแต่เดือนมกราคมและเพิ่มขึ้นไปสูงสุดที่เดือนมีนาคม จากนั้นจะลดลงจนถึงเดือนมิถุนายนและเพิ่มขึ้นถึงเดือนกันยายนแล้วกลับมาลดลงจนถึงเดือนธันวาคม นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงเช้า (5:00-12:00 น.) มีโอกาสได้รับรังสีกระจายที่สูงมากกว่าในช่วงบ่าย (12:00-19:00 น.) ส่วนการแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีพบว่าสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีความคล้ายคลึงกัน โดยค่าสูงสุดของสถานีเชียงใหม่อยู่ที่เดือนมิถุนายน สถานีอุบลราชธานีและนครปฐมอยู่ที่เดือนสิงหาคม ส่วนสถานีสงขลา มีค่าสูงสุด 2 ครั้งอยู่ที่เดือนมีนาคมและเดือนกันยายน เปรียบเทียบทุกสถานีพบว่าสถานีสงขลา มีค่าความเข้มรังสีกระจายเฉลี่ยตลอดปีสูงที่สุดเนื่องจากละติจูดต่ำสุด รองลงมาคือนครปฐมและอุบลราชธานี ส่วนสถานีเชียงใหม่มีค่าต่ำสุดเนื่องจากละติจูดสูงสุด นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้าที่มีต่อสัดส่วนรังสีกระจายและรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ (Diffuse EUV fraction) พบว่าเมฆมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าว จากนั้นได้พัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณ Diffuse EUV fraction จากปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า เมื่อทำการทดสอบแบบจำลองปรากฏว่าได้ค่า RMSD และ MBD เท่ากับ 2.2% และ -1.1% ตามลำดับ

60306201 : Major (PHYSICS)

Keyword : diffuse solar ultraviolet radiation / diffuse EUV

MR. TAPPANYA YAMSEANG : A STUDY OF DIFFUSE SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION FROM THE MEASUREMENTS AT 4 STATIONS IN THE MAIN REGIONS OF THAILAND THESIS ADVISOR : PROFESSOR SERM JANJAI, Ph.D.

In this research, diffuse solar ultraviolet radiation (EUV) from four measuring stations in the main regions of Thailand, namely Chiang Mai (CM, 18.78°N, 98.98°E), Ubon Ratchathani (UB, 15.25°N, 104.87°E), Nakhon Pathom (NP, 13.82°N, 100.04°E) and Songkhla (SK, 7.20°N, 100.60°E) during eight-years period (January, 2011 - December, 2018) were investigated. For diurnal variation, the results showed that diffuse EUV at CM, UB and NP have similar patterns. The value increases from January to April and decreases from August to December. The variation at SK is different from the other sites. From January, diffuse EUV increases and reaches the peak in March. Then the value decreases until June and increases again to the second peak in September. Afterward, diffuse EUV then decreases until December. In addition, the analysis data indicated that the diffuse EUV in the morning is higher than that in the afternoon. For seasonal variation, the patterns at CM, UB and NP were similar and these were different from SK. The peak values of diffuse EUV showed in June for CM and in August for UB and NP. At SK, there are two peaks showing in March and September. A comparison of all stations showed that SK has the highest averaged diffuse EUV as this station is located at the lowest latitude, followed by NP and UB. CM located at the highest latitude has the lowest value. Moreover, the effect of clouds on the proportions of diffuse and global EUV (diffuse EUV fraction) was also investigated. It was found that cloud can enhance the proportion of diffuse EUV. Therefore, a diffuse EUV fraction model in term of cloud cover was developed. The agreement between the modeled and measured the diffuse EUV was very good with RMSD and MBD of 2.2% and -1.1%, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาระดับปริญญาโทมหาบัณฑิตนี้ ผู้วิจัยได้รับทุนผู้ช่วยวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม และทุนการศึกษาจากกองทุนสนับสนุนงานวิชาการ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันท์ฉาย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักและให้คำแนะนำทางวิชาการ พร้อมทั้งจัดหาทุนวิจัย เครื่องมือ และข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลย์ บรรเท็ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และให้คำแนะนำทางวิชาการในการดำเนินงานวิจัย และผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสระ มะศิริ ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิริติ เกิดศิริ ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เป็นอย่างสูง และผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ นักวิจัย ตลอดจนบุคลากรที่เกี่ยวข้องของห้องปฏิบัติการพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ จนบรรลุผลสำเร็จ

สุดท้ายนี้ คุณประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดาและมารดา รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่าน เพื่อตอบแทนพระคุณที่ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา

เทพปัญญา แยมเสียง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี.....	3
2.1.1 แหล่งกำเนิดและสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์.....	3
2.1.2 รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผ่านบรรยากาศโลก.....	4
2.1.3 การวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	10
2.1.4 ผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ต	16
2.1.5 การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต	17
2.1.6 ดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV index)	19
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วิธีการวิจัยและผล.....	27
3.1 การวัดและการบันทึกข้อมูล	27

3.2 การสอบเทียบเครื่องวัด	34
3.3 การควบคุมคุณภาพข้อมูล	41
3.4 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	42
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษา	43
3.5.1 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ ผิวหนังมนุษย์ตามเวลาในรอบวัน (diurnal variation).....	43
3.5.1.1 กรณีสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ (clear sky).....	43
3.5.1.2 กรณีสภาพท้องฟ้าทั่วไป (all sky).....	51
3.5.2 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปี (seasonal variation) ของความเข้มรังสีกระจาย ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์	56
3.5.3 การเปลี่ยนแปลงค่าจากปีหนึ่งไปยังอีกปีหนึ่ง (inter-annual variation) ของความเข้ม รังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์.....	60
3.5.4 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ ผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง	63
3.5.5 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ ผิวหนังมนุษย์รายวัน.....	81
3.5.6 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ ผิวหนังมนุษย์ตามละติจูด	87
3.5.7 อัตราส่วนของรังสีกระจายต่อรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Diffuse EUV fraction)	88
3.6 การพัฒนาแบบจำลองสำหรับใช้คำนวณ Diffuse EUV fraction จากปริมาณเมฆ ที่ปกคลุม ท้องฟ้า (cloud cover).....	94
3.6.1 ข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง.....	94
3.6.2 การสร้างแบบจำลอง	94
3.6.3 การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง.....	95
บทที่ 4 สรุป.....	98

รายการอ้างอิง 100

ประวัติผู้เขียน 104



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ (Webb, 1998)	9
ตารางที่ 2	ดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (WHO, 2002)	19
ตารางที่ 3	ช่วงเวลาที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์.....	42
ตารางที่ 4	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีเชียงใหม่	69
ตารางที่ 5	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีอุบลราชธานี.....	70
ตารางที่ 6	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีนครปฐม	71
ตารางที่ 7	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีสงขลา.....	72
ตารางที่ 8	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีเชียงใหม่	77
ตารางที่ 9	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีอุบลราชธานี	78
ตารางที่ 10	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีนครปฐม	79
ตารางที่ 11	การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีสงขลา.....	80

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 การแบ่งสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกเป็นช่วงต่าง ๆ (CCOHS, 2016).....	3
รูปที่ 2 สเปกตรัมรังสีอาทิติย์นอกบรรยากาศโลกและที่พื้นผิวโลก (Goswami et al., 1999).....	4
รูปที่ 3 องค์ประกอบของรังสีอาทิติย์ที่ตกกระทบพื้นผิวโลก (เสริม จันทรฉาย, 2560).....	5
รูปที่ 4 ค่ามุมเซนนิชของดวงอาทิตย์ในหน่วยองศาที่เวลาเที่ยงวัน ณ ตำแหน่งละติจูดและเดือนต่าง ๆ (Tevini, 1993).....	6
รูปที่ 5 ค่าปริมาณโอโซนในหน่วย Dobson ที่ละติจูดและฤดูกาลต่าง ๆ (Tevini, 1993).....	6
รูปที่ 6 ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ละติจูดและฤดูกาลต่าง ๆ (Tevini, 1993).....	7
รูปที่ 7 สเปกตรัมการดูดกลืนเนื่องจากโอโซน (-----) สเปกตรัมรังสีนอกบรรยากาศโลก (----) สเปกตรัมรังสีอาทิติย์ที่พื้นผิวโลก (——) (Webb, 1998).....	8
รูปที่ 8 อัตราส่วนของค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าและท้องฟ้าปราศจากเมฆกับค่า Cloud optical depth ที่มุมเซนนิช 0 องศา (-----) และมุมเซนนิช 70 องศา (----) (Tevini, 1993).....	9
รูปที่ 9 อัตราส่วนของค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีสัมพันธ์การสะท้อนของพื้นผิวโลกใด ๆ ต่อกรณีสัมพันธ์การสะท้อนของพื้นผิวโลกเท่ากับศูนย์ ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆที่มุมเซนนิช 0 องศา (----) มุมเซนนิช 70 องศา (-----) และมุมเซนนิชใด ๆ (——) (Tevini, 1993).....	10
รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงองค์ประกอบของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตอัลตราไวโอเล็ต (ดัดแปลงจาก Webb, 1998).....	11
รูปที่ 11 Double monochromator (Webb, 1998).....	12
รูปที่ 12 Full wide half maximum (Webb, 1998).....	12
รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (เสริม จันทรฉาย, 2560).....	13
รูปที่ 14 ตัวอย่างเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง.....	13

รูปที่ 15 ตัวอย่างเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ GUV-2511 (Biospherical Instruments Inc.).....	14
รูปที่ 16 ตัวอย่างเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ NILU-UV (NILU products AS)	15
รูปที่ 17 ค่าการตอบสนองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ DNA พืช และผิวหนัง (Madronich, 1993).....	16
รูปที่ 18 กราฟการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต (CIE, 1987)	18
รูปที่ 19 ค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตและการป้องกัน (iPhoneMod.net, 2017).....	20
รูปที่ 20 เครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A ของบริษัท Solar Light ประเทศสหรัฐอเมริกา.....	28
รูปที่ 21 ส่วนประกอบของเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง ในงานวิจัยนี้ เครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A.....	28
รูปที่ 22 กราฟการตอบสนองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตของเครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A	29
รูปที่ 23 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีเชียงใหม่..	29
รูปที่ 24 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีอุบลราชธานี	30
รูปที่ 25 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีนครปฐม..	30
รูปที่ 26 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีสงขลา	31
รูปที่ 27 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีเชียงใหม่	31
รูปที่ 28 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีอุบลราชธานี ..	32
รูปที่ 29 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีนครปฐม	32
รูปที่ 30 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีสงขลา	33
รูปที่ 31 เครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) รุ่น DX2000 ของบริษัท YOKOGAWA ประเทศญี่ปุ่น.	33
รูปที่ 32 การสอบเทียบเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่สถานีนครปฐม	35
รูปที่ 33 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจาก เครื่องวัด Bentham ของสถานีเชียงใหม่.....	37

รูปที่ 34 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีอุบลราชธานี	38
รูปที่ 35 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีนครปฐม	39
รูปที่ 36 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีสงขลา	40
รูปที่ 37 ตัวอย่างความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง ...	42
รูปที่ 38 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีเชียงใหม่	43
รูปที่ 39 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีอุบลราชธานี	44
รูปที่ 40 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีนครปฐม	44
รูปที่ 41 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีสงขลา	45
รูปที่ 42 ตัวอย่างภาพถ่ายท้องฟ้าจากเครื่อง sky view ที่นำมาใช้ในการคัดเลือกวันที่ ท้องฟ้าปราศจากเมฆ และวันที่ท้องฟ้าทั่วไป	45
รูปที่ 43 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีเชียงใหม่	47
รูปที่ 44 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีอุบลราชธานี	48
รูปที่ 45 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีสถานีนครปฐม	49
รูปที่ 46 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีสถานีสงขลา	50
รูปที่ 47 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีเชียงใหม่	52
รูปที่ 48 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีอุบลราชธานี	53

รูปที่ 49 การแปรค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีนครปฐม	54
รูปที่ 50 การแปรค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีสงขลา	55
รูปที่ 51 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีเชียงใหม่	57
รูปที่ 52 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีอุบลราชธานี	57
รูปที่ 53 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีนครปฐม	58
รูปที่ 54 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีสงขลา	58
รูปที่ 55 การเปรียบเทียบการแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาว คลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และ สงขลา	59
รูปที่ 56 การแปรค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีเชียงใหม่	60
รูปที่ 57 การแปรค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีอุบลราชธานี	61
รูปที่ 58 การแปรค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีนครปฐม	61
รูปที่ 59 การแปรค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีสงขลา	61
รูปที่ 60 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันตลอดทั้งปีของสถานีต่าง ๆ	62
รูปที่ 61 การแจกแจงค่าความเข้มข้นรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ ผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงในเดือนต่าง ๆ ของสถานีเชียงใหม่	64

รูปที่ 75 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง
มนุษย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนตามละติจูดของสถานีต่าง ๆ 87

รูปที่ 76 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีเชียงใหม่ .. 89

รูปที่ 77 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีอุบลราชธานี
..... 90

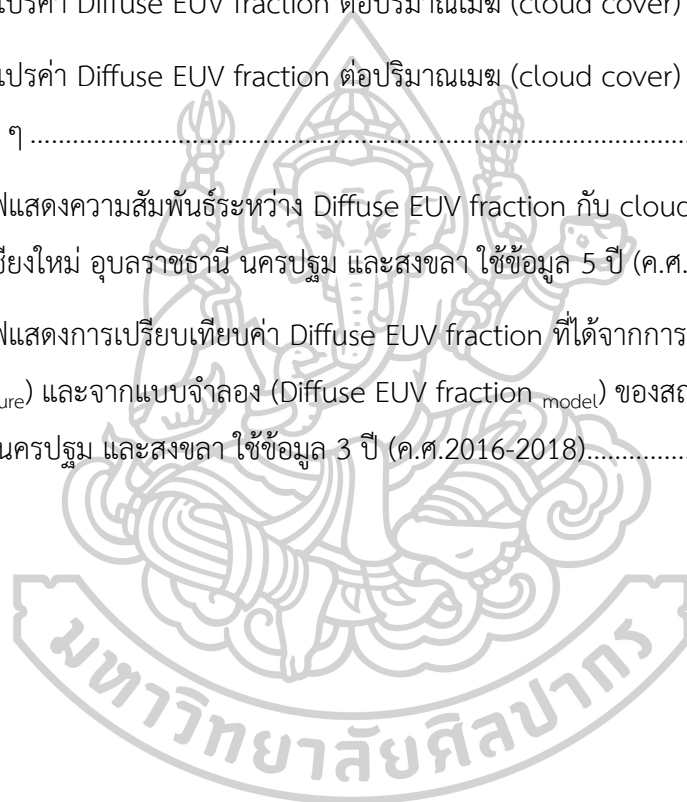
รูปที่ 78 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีนครปฐม .. 91

รูปที่ 79 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีสงขลา..... 92

รูปที่ 80 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ตลอดทั้งปีระยะยาว
ของสถานีต่าง ๆ 93

รูปที่ 81 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Diffuse EUV fraction กับ cloud cover จากข้อมูลที่วัด
ได้ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา ใช้ข้อมูล 5 ปี (ค.ศ.2011-2015)..... 95

รูปที่ 82 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Diffuse EUV fraction ที่ได้จากการวัด (Diffuse EUV
fraction_{measure}) และจากแบบจำลอง (Diffuse EUV fraction_{model}) ของสถานีเชียงใหม่
อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา ใช้ข้อมูล 3 ปี (ค.ศ.2016-2018)..... 97



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก โดยพลังงานที่แผ่ออกมาจะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ประกอบด้วยรังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต แสงสว่าง รังสีอินฟราเรด และคลื่นวิทยุ โดยรังสีที่มีความสำคัญในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม นั่นคือ รังสีอัลตราไวโอเล็ตนอกบรรยากาศโลกซึ่งมีประมาณ 9.3% ของรังสีอาทิตย์รวม (Webb, 1998) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100-400 นาโนเมตร แบ่งตามผลกระทบทางชีววิทยาได้ 3 ช่วง คือ รังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ (315-400 นาโนเมตร) รังสีอัลตราไวโอเล็ตบี (280-315 นาโนเมตร) และรังสีอัลตราไวโอเล็ตซี (100-280 นาโนเมตร) เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศเข้ามายังพื้นผิวโลกความยาวคลื่นที่สั้นกว่า 200 นาโนเมตร จะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของออกซิเจนและไนโตรเจน (Iqbal, 1983) ส่วนความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนบางส่วนโดยโอโซน จึงมีเพียงรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ และรังสีอัลตราไวโอเล็ตบีบางส่วนเท่านั้นที่ผ่านมายังพื้นผิวโลก รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มาถึงพื้นผิวโลกประกอบด้วย รังสีที่พุ่งตรงมาถึงพื้นผิวโลก เรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเล็ตตรง ส่วนรังสีที่เกิดจากการกระเจิงโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ของบรรยากาศ เรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจาย และผลรวมของรังสีทั้งสองเรียกว่า รังสีอัลตราไวโอเล็ตรวม

ถึงแม้ว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมีปริมาณไม่มากแต่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลก ตัวอย่างเช่น ผิวหนังของมนุษย์ หากได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยกระตุ้นให้ร่างกายผลิตวิตามินดี ถ้าได้รับปริมาณรังสีมากเกินไปเป็นสาเหตุให้เกิดผิวหนังไหม้แดด มะเร็งผิวหนัง หรือ ต้อกระจก (UNEP, 2006) โดยปกติปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เข้าสู่โลกจะถูกควบคุมจากโอโซนในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ให้มีปริมาณที่พอเหมาะ แต่ในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา มีนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาพบว่าโอโซนถูกทำลายและมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าบริเวณขั้วโลกใต้มีการลดลงของโอโซนถึง 40% (Farman et al., 1985) ที่บริเวณขั้วโลกเหนือก็มีการลดลงของโอโซนเช่นเดียวกัน (Proffitt et al., 1990) และบริเวณอื่น ๆ ของโลกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ละติจูด 10°S-20°S และ 10°N-60°N ซึ่งครอบคลุมประเทศไทยด้วย (Gleason et al., 1993) การลดลงของโอโซนทำให้ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมาถึงพื้นผิวโลกมีค่าสูงขึ้น (Van de Leun et al., 1989) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสอดคล้องกับข้อมูลทางการแพทย์ที่พบว่าประชากรในทวีปอเมริกาเหนือและออสเตรเลียมีอัตราการป่วยเป็นมะเร็งผิวหนังเพิ่มสูงขึ้น

ดังนั้นจึงมีนักวิจัยสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในประเทศต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาหาแนวทางป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของรังสีดังกล่าว

โดยทั่วไปรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ส่งผ่านมายังพื้นผิวโลกจะมีปริมาณมากหรือน้อยนั้นนอกจากจะขึ้นกับโอโซนแล้วยังขึ้นอยู่กับเวลาและลักษณะทางภูมิศาสตร์ รวมไปถึงการดูดกลืนและการกระเจิงขององค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง และเมฆด้วย

สำหรับกรณีของประเทศไทย การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์นั้นมีความซับซ้อนและส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับรังสีรวม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะศึกษาลักษณะทางสถิติของรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ 4 ภูมิภาคหลักของประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลจากเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งบนเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ซึ่งมีลูกบอลบังรังสีตรง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อวัดรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาลักษณะทางสถิติของรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่วัดได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะความเข้มรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ 4 สถานที่ในภูมิภาคหลักของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากการวัดในภาคเหนือที่สถานีเชียงใหม่ (18.78°N, 98.98°E) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สถานีอุบลราชธานี (15.25°N, 104.87°E) ภาคกลางที่มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม (13.82°N, 100.04°E) และภาคใต้ที่สถานีสงขลา (7.20°N, 100.60°E)

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ก่อนจะศึกษาลักษณะทางสถิติของรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ 4 สถานีในภูมิภาคหลักของประเทศไทย ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงความรู้ด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

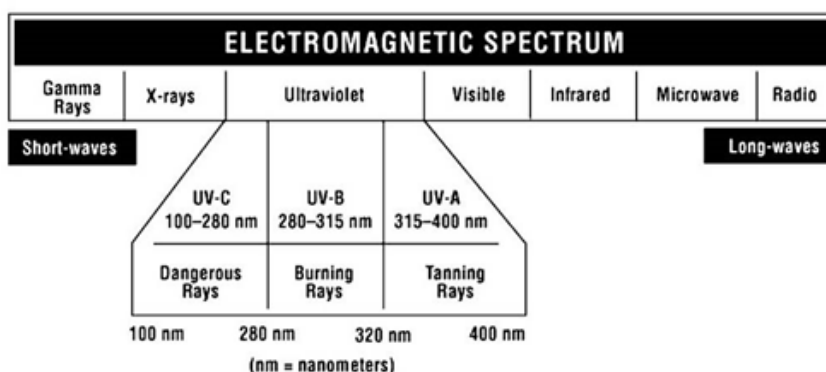
2.1 ทฤษฎี

2.1.1 แหล่งกำเนิดและสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์

รังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100-400 นาโนเมตร โดยมีแหล่งกำเนิดมาจาก 2 แหล่ง คือ จากมนุษย์สร้างขึ้น (artificial sources) เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การแพทย์ การเกษตร เป็นต้น อีกแหล่งหนึ่งเกิดจากธรรมชาติ โดยการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติที่สำคัญที่สุด ถ้าพิจารณาว่าดวงอาทิตย์เป็นวัตถุดำ (blackbody) สเปกตรัมรังสีที่แผ่ออกมาจะขึ้นกับอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดตามกฎของพลังค์ (Planck's law) ซึ่งพบว่าบรรยากาศชั้นโครโมสเฟียร์และโคโรนามีการแผ่รังสีความยาวคลื่นน้อยกว่า 300 nm (Webb, 1998) ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ตแบ่งตามผลกระทบทางชีววิทยาได้ 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 1

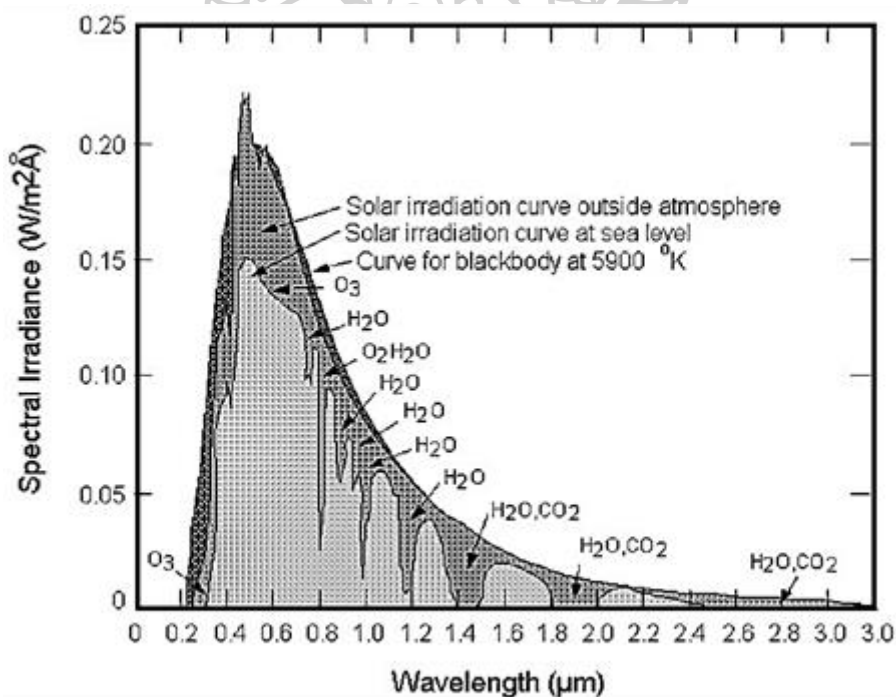
1. รังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ (UV-A) มีความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร
2. รังสีอัลตราไวโอเล็ตบี (UV-B) มีความยาวคลื่น 280-315 นาโนเมตร
3. รังสีอัลตราไวโอเล็ตซี (UV-C) มีความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร



รูปที่ 1 การแบ่งสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกเป็นช่วงต่าง ๆ (CCOHS, 2016)

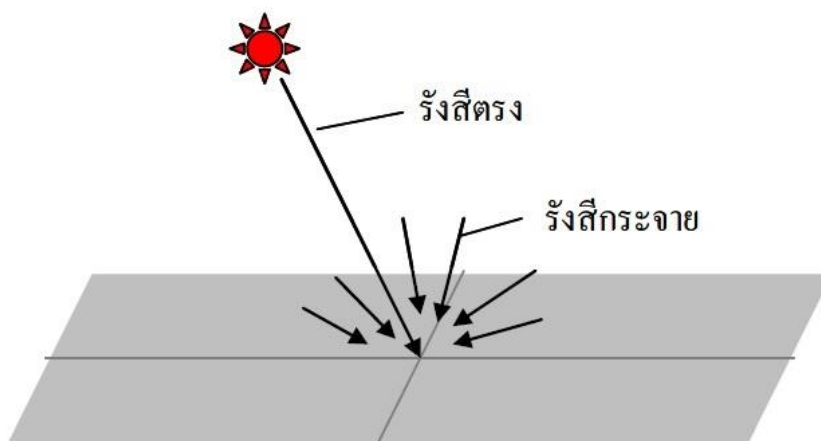
2.1.2 รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผ่านบรรยากาศโลก

สเปกตรัมรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกประกอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตคิดเป็น 9.3% ของสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ทั้งหมด แต่เมื่อรังสีอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศจะเกิดกระบวนการลดทอนโดยการดูดกลืน การสะท้อน และการกระเจิง เป็นสาเหตุให้สเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไป โดยรังสีอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 200 นาโนเมตร จะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของออกซิเจนและไนโตรเจน (Iqbal, 1983) ส่วนความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนโดยโอโซนใน Hartley band เป็นผลให้รังสีอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 280 นาโนเมตร ไม่สามารถลงสู่พื้นผิวโลกได้ จึงทำให้อัลตราไวโอเล็ตบีที่พื้นผิวโลกเหลือเพียง 1.5% ของรังสีอาทิตย์ทั้งหมดที่พื้นผิวโลก และรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอคิดเป็น 6.3% ของรังสีอาทิตย์ทั้งหมดที่พื้นผิวโลก ส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ตซีจะถูกดูดกลืนจนหมดโดยโมเลกุลอากาศและโอโซนจึงไม่สามารถลงสู่พื้นผิวโลกได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สเปกตรัมรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกและที่พื้นผิวโลก (Goswami et al., 1999)

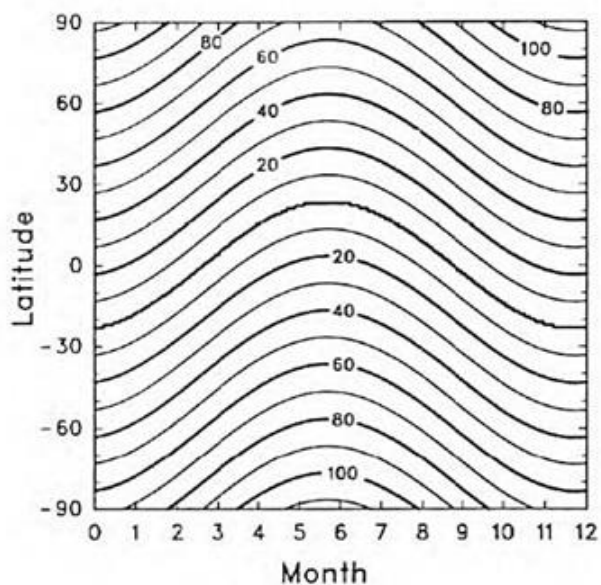
เมื่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตผ่านชั้นบรรยากาศของโลกจะประกอบไปด้วย รังสีที่เหลือจากการลดทอนโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ของบรรยากาศ เช่น โมเลกุลอากาศ ฝุ่นละอองและเมฆ แล้วพุ่งตรงมาถึงพื้นผิวโลก เรียกว่า รังสีตรง ส่วนรังสีที่เกิดจากการกระเจิงโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ของบรรยากาศ เรียกว่า รังสีกระจาย ส่วนผลรวมของรังสีทั้งสองเรียกว่ารังสีรวม ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 องค์ประกอบของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวโลก (เสริม จันทร์ฉาย, 2560)

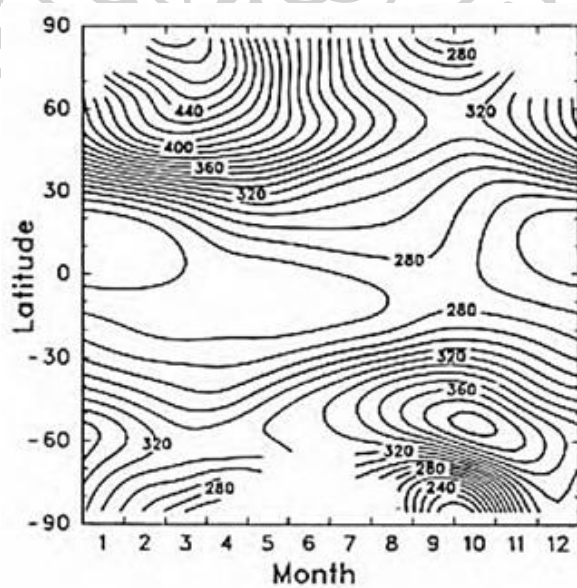
ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกจะมีปริมาณมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับเวลาและลักษณะทางภูมิศาสตร์ รวมไปถึงการดูดกลืนและการกระเจิงขององค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โอโซน และเมฆ เป็นต้น ทั้งนี้ยังเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์ เพราะจะทำให้ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะส่งผลต่อความเข้มรังสีอาทิตย์ นอกจากนี้ sunspot cycle ในรอบ 11 ปี ยังส่งผลต่อปริมาณรังสี UV-B บนพื้นผิวโลกด้วย (Rind, 2002)

การเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์ จะทำให้มุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลก ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน เพราะระยะทางที่รังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศมีผลต่อปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงสู่พื้นผิวโลก โดยที่ระยะทางดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับมุมเซนิตของดวงอาทิตย์ (solar zenith angle, θ_z) เพราะเป็นปริมาณที่บอกถึงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า โดยมีค่าขึ้นกับเวลาในรอบวัน วันในรอบปี ละติจูด และลองจิจูด ดังแสดงในรูปที่ 4

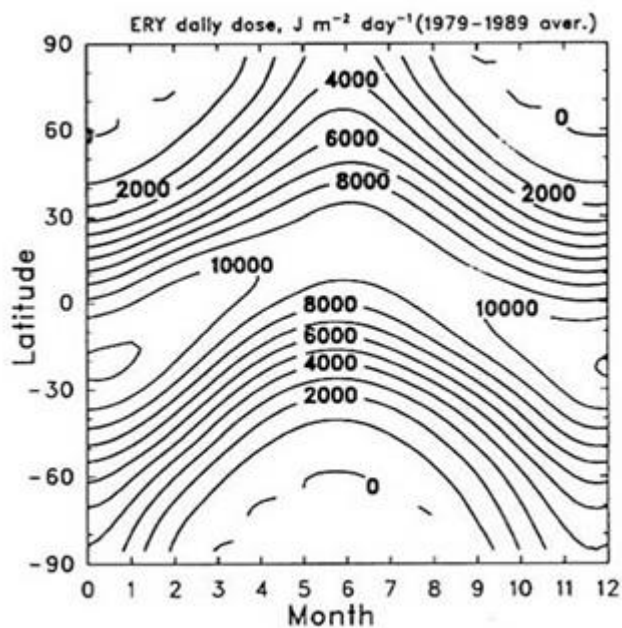


รูปที่ 4 ค่ามมเซนธิของดวงอาทิตย์ในหน่วยองศาที่เวลาเพียงวัน ณ ตำแหน่งละติจูดและเดือนต่าง ๆ (Tevini, 1993)

นอกจากนี้ ตำแหน่งละติจูดและฤดูกาลที่ต่างกันจะส่งผลต่อปริมาณโอโซนในบรรยากาศ ดังนั้นตำแหน่งละติจูดและฤดูกาลจึงมีผลต่อค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6

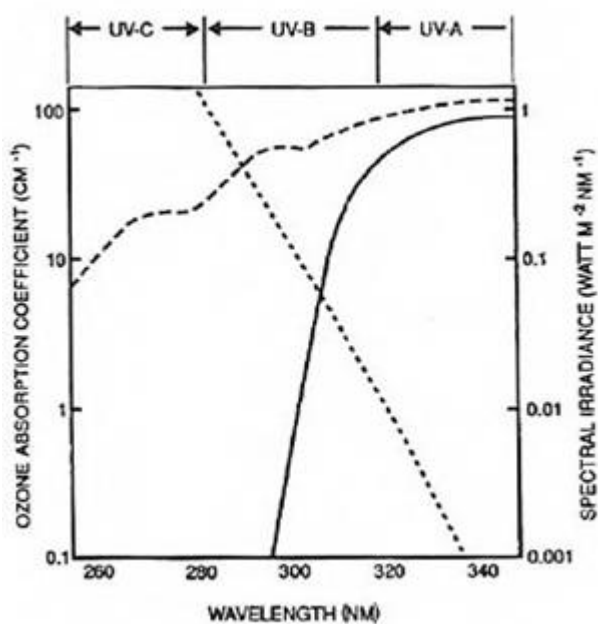


รูปที่ 5 ค่าปริมาณโอโซนในหน่วย Dobson ที่ละติจูดและฤดูกาลต่าง ๆ (Tevini, 1993)



รูปที่ 6 ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ละติจูดและฤดูกาลต่าง ๆ (Tevini, 1993)

สำหรับตัวแปรทางบรรยากาศที่สำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลก คือ โอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งสามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ถึง 90% โดยความสามารถในการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของโอโซนจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นดังแสดงในรูปที่ 7 กล่าวคือ โอโซนมีความสามารถอย่างมากในการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นสั้น โดยพบว่าโอโซนดูดกลืนรังสีที่มีความยาวคลื่น 320 นาโนเมตร ได้เพียง 1% เมื่อเทียบกับการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร และที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร แทบจะไม่มีดูดกลืนเลย

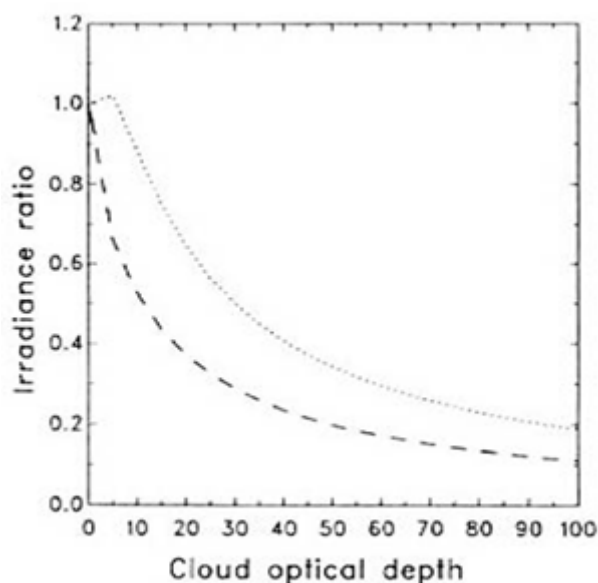


รูปที่ 7 สเปกตรัมการดูดกลืนเนื่องจากโอโซน (.....) สเปกตรัมรังสีนอกบรรยากาศโลก (----) สเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก (—) (Webb, 1998)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์จะส่งผลกระทบต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยจะเป็นตัวลดทอนรังสีตรงแต่จะไปเพิ่มปริมาณรังสีกระจายแทน ซึ่งในปี ค.ศ. 1991 ได้เกิดการระเบิดของภูเขาไฟ Mount Pinatubo ทำให้มีฝุ่นละอองลอยขึ้นไปถึงบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์และกระจายไปรอบโลก ถือเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นอย่างมาก

สำหรับบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์นั้นมีโมเลกุลอากาศที่ประกอบไปด้วย ก๊าซ SO_2 NO_2 และโอโซน เป็นตัวดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ดังนั้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตส่วนใหญ่ในชั้นนี้จะเป็นรังสีกระจาย อีกทั้งโอโซนในบรรยากาศชั้นนี้ยังมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีร่วมกับก๊าซที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

เมฆนั้นถือว่าเป็นตัวแปรสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลก เนื่องจากเมฆสามารถดูดกลืน สะท้อน และกระเจิงรังสีอาทิตย์ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด ความหนา และการกระจายตัวปกคลุมท้องฟ้า โดยที่กรณีท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทั่วท้องฟ้าจะส่งผลให้ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตลดลง แต่กรณีท้องฟ้ามีเมฆกระจายเป็นกลุ่ม ๆ อาจส่งผลให้ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบกับเมฆ ดังแสดงในรูปที่ 8



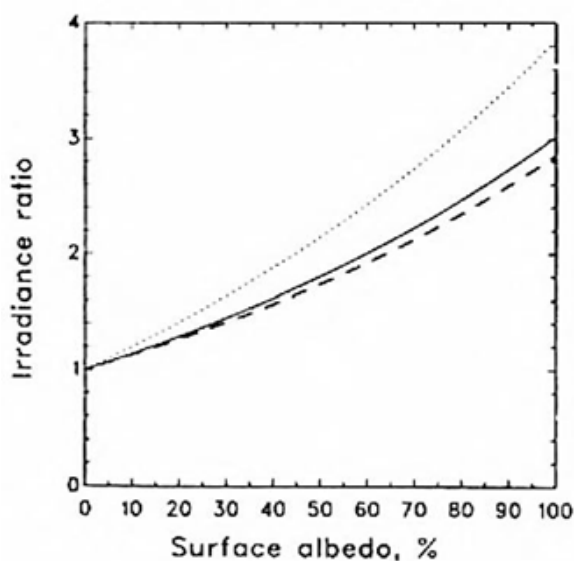
รูปที่ 8 อัตราส่วนของค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตกรณีมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าและท้องฟ้าปราศจากเมฆกับค่า Cloud optical depth ที่มีเมฆเซนติ 0 องศา (—) และมีเมฆเซนติ 70 องศา (---) (Tevini, 1993)

สัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีของพื้นผิวโลกเป็นอัตราส่วนของรังสีที่สะท้อนจากพื้นผิวโลกกับรังสีที่ตกกระทบพื้นผิวโลก โดยสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกจะมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นผิวและความยาวคลื่นของรังสีที่มาตกกระทบ บางพื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลน้อยมาก ในขณะที่บางพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง เช่น ในฤดูร้อนพื้นหิมะจะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเลตประมาณ 0.02 พอเข้าสู่ฤดูหนาวซึ่งมีหิมะปกคลุมจะมีค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 0.6-1.0 โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นมีค่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ (Webb, 1998)

ความยาวคลื่น (nm)	ดิน	หิมะ	คอนกรีต	ทราย	หิมะ
UV-B (<315)	0.044	0.017	0.098	0.152	0.630-0.762
UV-A (315-400)	0.065	0.019	0.131	0.203	0.656-0.790
Visible	0.158	0.089	0.236	0.324	0.687
IR	0.269	0.587	0.266	0.381	0.745

จะเห็นได้ว่า ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวโลกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 9 กล่าวคือ ผลกระทบจากการสะท้อนของพื้นผิวโลกจะขึ้นกับมุมเซนิตของดวงอาทิตย์เพียงเล็กน้อย เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบพื้นผิวโลกส่วนใหญ่เป็นรังสีกระจาย



รูปที่ 9 อัตราส่วนของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวโลกใด ๆ ต่อกรณีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวโลกเท่ากับศูนย์ ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆที่มุมเซนิต 0 องศา (---) มุมเซนิต 70 องศา (.....) และมุมเซนิตใด ๆ (—) (Tevini, 1993)

2.1.3 การวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต

การวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

1. การวัดโดยใช้หลักการทางชีววิทยา การวัดวิธีนี้ใช้ทางการแพทย์ โดยจะแสดงปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตในรูปของการเกิดอาการไหม้ของผิวหนังหรือความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลชีพ (แบคทีเรียหรือไวรัส)
2. การวัดโดยใช้หลักการทางเคมี การวัดวิธีนี้จะใช้สารเคมีที่มีปฏิกิริยากับรังสีอัลตราไวโอเล็ต เช่น ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง methylene ใน acetate-oxalic acid โดยจะวัด dose ของรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากปริมาณสารที่ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี

3. การวัดโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ การวัดวิธีนี้เหมาะสำหรับใช้ในการตรวจวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์เป็นประจำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน อุปกรณ์ที่ใช้มีหลายแบบ เช่น การใช้ phototubes, photovoltaic cells, ionization chambers และ photographic films เป็นต้น

เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV spectroradiometer) เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (broadband UV radiometer) และเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ (multi-channel filter UV radiometer) โดยเครื่องวัดทั้ง 3 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้ (เสริม จันทรฉาย, 2560)

1. เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV spectroradiometer)

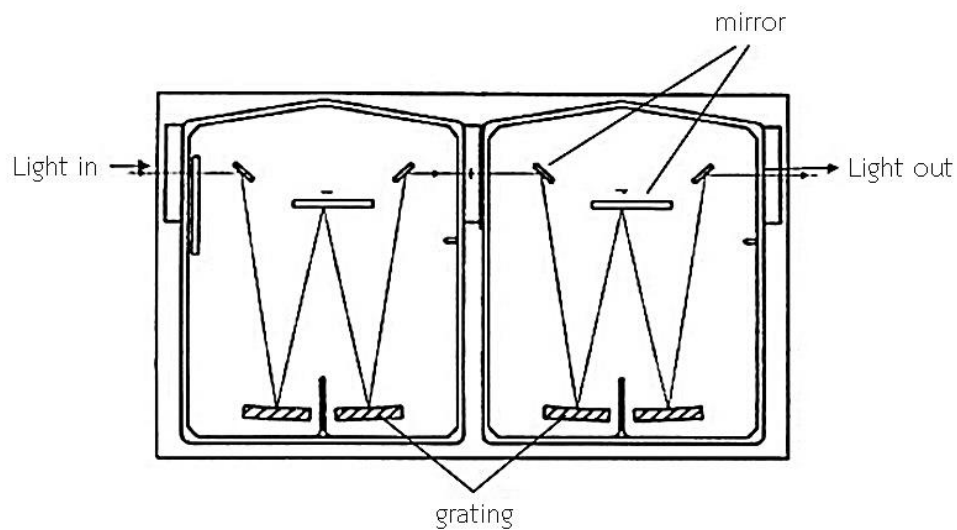
เครื่องวัดประเภทนี้จะวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้อย่างละเอียดโดยสามารถวัดได้ในแต่ละความยาวคลื่น ส่วนประกอบของเครื่องวัดประกอบด้วย ตัวรับรังสี อุปกรณ์แยกรังสี ออกเป็นความเข้มรังสีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ (monochromator) ตัวตรวจวัดความเข้มรังสี และอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกข้อมูล โดยส่วนประกอบทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 10



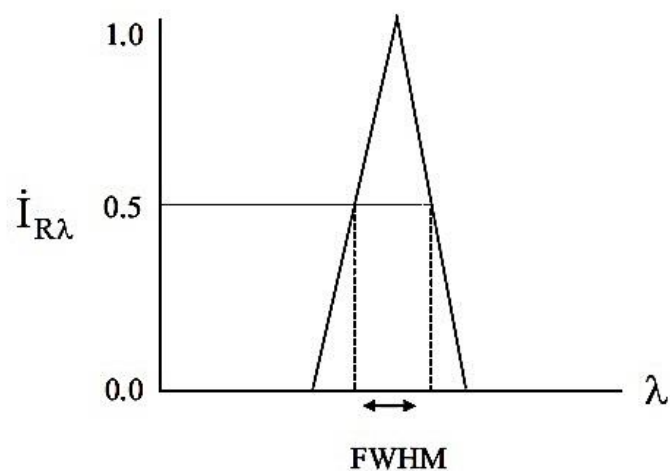
รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงองค์ประกอบของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตอัลตราไวโอเล็ต

(ดัดแปลงจาก Webb, 1998)

อุปกรณ์หลักของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการแยกรังสีออกเป็นความเข้มรังสีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ จะเป็น monochromator ซึ่งอาจเป็นแบบเดี่ยว (single monochromator) ที่มี grating 1 ชุด หรือแบบคู่ (double monochromator) ที่มี grating 2 ชุด ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 11 การบอกค่าความสามารถในการแยกรังสีให้ออกเป็นความเข้มของแต่ละความยาวคลื่นเรียกว่า spectral resolution โดยบอกในรูปของ full wide half maximum (FWHM) ซึ่งค่า FWHM ควรจะมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า 1 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 12



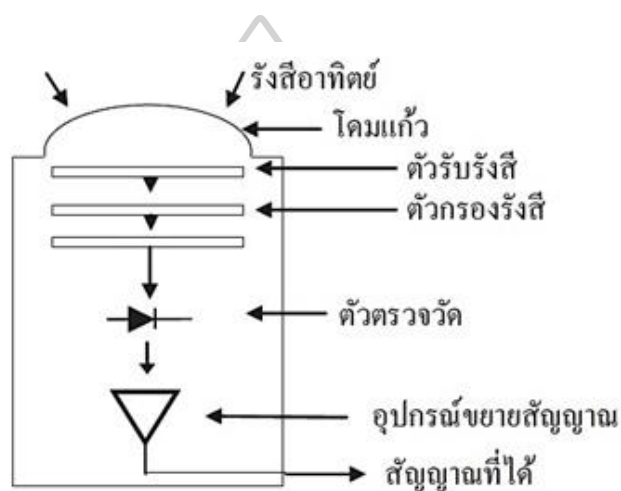
รูปที่ 11 Double monochromator (Webb, 1998)



รูปที่ 12 Full wide half maximum (Webb, 1998)

2. เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (broadband UV radiometer)

เครื่องวัดประเภทนี้สามารถใช้วัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตบี (280-320 นาโนเมตร) รังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ (320-400 นาโนเมตร) หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ (EUV) ได้ เครื่องวัดดังกล่าวจะวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตครอบคลุมช่วงกว้างของความยาวคลื่น โดยอาศัยตัวกรองรังสี ส่วนประกอบของเครื่องวัดประกอบด้วย โคมแก้ว ตัวรับรังสี ตัวกรองรังสี ตัวตรวจวัด และวงจรมขยายสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14



รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (เสริม จันทร์ฉาย, 2560)



รูปที่ 14 ตัวอย่างเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง

3. เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ
(multi-channel filter UV radiometer)

เครื่องวัดชนิดนี้จะวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นแคบ ๆ ประมาณ 10 นาโนเมตร และสามารถวัดได้หลายความยาวคลื่นเนื่องจากมีฟิลเตอร์สำหรับแยกรังสี ออกเป็นความยาวคลื่นเฉพาะ ตัวอย่างของเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรอง รังสีหลายช่องสัญญาณ ได้แก่

3.1 GUV-2511 (Biospherical Instruments Inc.) เป็นเครื่องวัดความเข้มรังสี อัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณสามารถวัดความยาวคลื่นที่ 305, 313, 320, 340, 380 และ 395 นาโนเมตร ส่วนประกอบของเครื่องวัดประกอบด้วย แผ่นกรองรังสี ตัวตรวจวัด สัญญาณ ระบบควบคุมและบันทึกข้อมูล เมื่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตตกกระทบตัวรับรังสี รังสีจะถูก แบ่งเป็นหลายส่วน โดยแต่ละส่วนจะผ่านแผ่นกรองเพื่อให้รังสีบางความยาวคลื่นผ่านได้ เมื่อรังสี ดังกล่าวตกกระทบกับตัวตรวจวัดจะได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาและถูกบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นสามารถแปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยใช้ค่าสภาพ การตอบสนองของแต่ละช่องสัญญาณที่ได้มาจากการสอบเทียบมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 ตัวอย่างเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ

GUV-2511 (Biospherical Instruments Inc.)

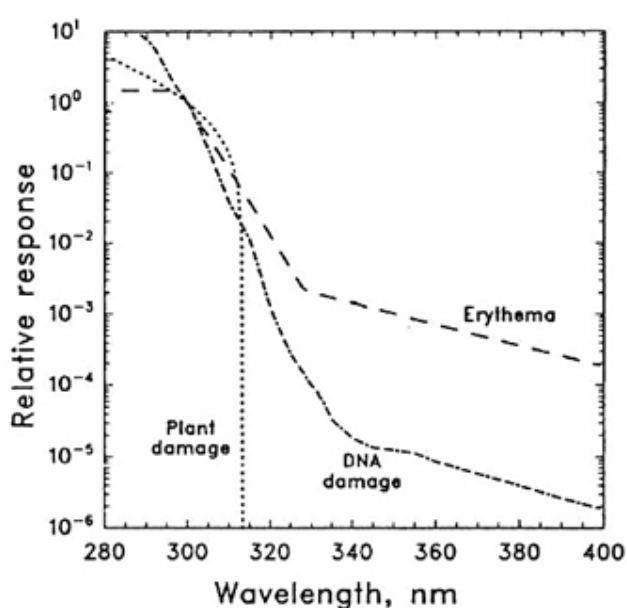
3.2 NILU-UV (NILU products AS) เป็นเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ สามารถวัดความยาวคลื่นที่ 302, 312, 320, 340 และ 380 นาโนเมตร ส่วนประกอบของเครื่องวัดที่สำคัญ คือ เทฟลอน ดิฟฟิวเซอร์ ตัวตรวจวัดสัญญาณชนิดซิลิกอน และแผ่นกรองรังสีคุณภาพสูง เมื่อรังสีดังกล่าวผ่านเทฟลอน ดิฟฟิวเซอร์ แล้วตกกระทบกับตัวตรวจวัดจะได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาและถูกขยายสัญญาณภายในเครื่องมือ และประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรม UVPRO ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 ตัวอย่างเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ
NILU-UV (NILU products AS)

2.1.4 ผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์มีความยาวคลื่นสั้นที่สุดที่สามารถผ่านบรรยากาศมาถึงพื้นผิวโลกได้ และมีโฟตอนพลังงานสูงสุด แม้ได้รับในปริมาณเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีววิทยาและทางเคมีได้มากทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น สำหรับพืชและ DNA จะได้รับผลจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ระดับความรุนแรงต่าง ๆ กัน ลักษณะการตอบสนองที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 ค่าการตอบสนองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ DNA พืช และผิวหนัง (Madronich, 1993)

เมื่อผิวหนังได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีผลทำให้เป็นสีน้ำตาล (tanning of skin) อันเกิดมาจากการก่อตัวของเม็ดสีเมลานิน (pigment melanin) ซึ่งเคลื่อนตัวจากผิวหนังชั้นล่างขึ้นมา เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาของร่างกายที่ต่อต้านและป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยการทำให้ผิวหนังหนาขึ้น หากได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณมากเกินไปอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงความยาวคลื่น 200-300 นาโนเมตร อีกทั้งยังก่อให้เกิดริ้วรอยบนผิวหนังและทำให้เกิดโรคมุขมึ่มกันบกพร่อง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดแผลพุพองบนผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีผลที่เกิดกับดวงตาด้วย โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั้นเป็นอันตรายต่อกระจกตาและเลนส์ตาซึ่งอาจทำให้เกิดโรคต้อกระจก

สำหรับผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความลึกที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ ตัวอย่างเช่น phytoplankton ซึ่งเป็นอาหารหลักของสิ่งมีชีวิตในน้ำ จากการศึกษาพบว่า การได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากเกินไปจะทำให้อัตราการเจริญเติบโต การสังเคราะห์แสง และการสังเคราะห์เม็ดสีของ phytoplankton ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายของสัตว์ประเภทเปลือกหุ้มแข็ง และปะการังด้วย

การศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อพืช พบว่าการที่พืชได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากเกินไปจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งสังเกตได้จากการลดลงของความสูงลำต้น และผลผลิต เป็นต้น ส่วนผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อสิ่งไม่มีชีวิต คือ การเสื่อมสภาพของวัสดุที่ใช้งานกลางแจ้ง เช่น พลาสติก ไม้ และสี เป็นต้น นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเล็ตยังมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ของโลกด้วย เมื่อทำปฏิกิริยากับโอโซนและก๊าซต่าง ๆ จะทำให้คุณภาพอากาศลดลง อย่างไรก็ตาม ทางทางการแพทย์มีการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตในการรักษาโรค เช่น โรคสะเก็ดเงิน ต่างขาว การฆ่าเชื้อโรคทางอากาศ การป้องกันและรักษาโรคกระดูกงู เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ในงานอุตสาหกรรมและสาธารณสุข เช่น การฆ่าเชื้อแบคทีเรียและไวรัสในน้ำดื่ม โดยส่วนใหญ่รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่นำมาใช้นี้จะมีแหล่งกำเนิดมาจากมนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้

2.1.5 การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต

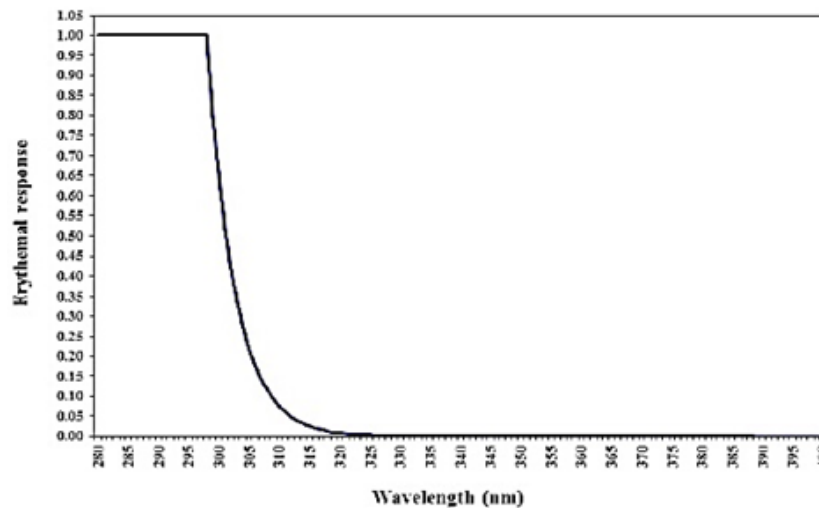
เมื่อผิวหนังมนุษย์ได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณมาก ผิวหนังจะมีอาการแดง แสบร้อน เรียกว่า ผิวหนังไหม้แดด (sun burn) โดยทั่วไปหลังจากถูกแดดเผา 1-5 ชั่วโมงจึงจะเกิดอาการ และจะเกิดอยู่นาน 1-3 วัน โดยความรุนแรงจะขึ้นกับความยาวคลื่น กล่าวคือ ความยาวคลื่นสั้นจะเกิดความรุนแรงมากและจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น การตอบสนองดังกล่าว เรียกว่า erythema โดยความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ส่งผลต่อการตอบสนองของผิวหนังเรียกว่า erythema ultraviolet radiation หรือ EUV สามารถหาได้จากสมการ (McKinlay & Diffey, 1987)

$$EUV = \int_{280}^{400} R_{E\lambda} I_{\lambda} d\lambda \quad (2.1)$$

เมื่อ

- EUV คือ ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังของมนุษย์ [$W m^{-2} nm^{-1}$]
 I_{λ} คือ สเปกตรัมของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต [$W m^{-2} nm^{-1}$]
 $R_{E\lambda}$ คือ ฟังก์ชันของการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ [-]
 λ คือ ความยาวคลื่น [nm]

International Commission of Illumination (Centre International of Eclairage, CIE) เป็นผู้กำหนดมาตรฐานของ $R_{E\lambda}$ ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 กราฟการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต (CIE, 1987)

จากกราฟในรูปที่ 18 สามารถเขียนแทนด้วยสมการ (Nunez, 2003)

$$R_{E\lambda} = \begin{cases} 1.0 & ; \lambda = 298 \\ 10^{[0.094(298-\lambda)]} & ; 298 < \lambda \leq 328 \\ 10^{[0.015(139-\lambda)]} & ; 328 < \lambda \leq 400 \end{cases} \quad (2.2)$$

เมื่อ $R_{E\lambda}$ คือ ฟังก์ชันของการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ [-]






λ คือ ความยาวคลื่น [nm]

ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์สามารถคำนวณได้ ถ้าทราบค่าความเข้มสเปกตรัมของรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วง 280-400 นาโนเมตร ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถหาได้จากการวัดหรือการคำนวณโดยใช้แบบจำลองการส่งผ่านรังสี (radiative transfer model) (Stamnes et al., 1988) นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังของมนุษย์โดยตรง เช่น UV-Biometer (solar light) ซึ่งมีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องวัดสเปกตรัม

2.1.6 ดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV index)

รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ หากได้รับในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดอาการผิวหนังไหม้แดด และเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็งผิวหนัง ระดับความรุนแรงขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต เพื่อให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้นถึงระดับความรุนแรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ต องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) จึงกำหนดมาตรฐานระดับความรุนแรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตด้วยดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV index) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (WHO, 2002)

ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (mW m^{-2})	ดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต [-]	สี	ระดับ
0-50	0-2		Low
50-125	3-5		Moderate
125-175	6-7		High
175-250	8-10		Very high
มากกว่า 250	มากกว่า 11		Extreme

การคำนวณค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UVI) สามารถหาได้จากสมการ

$$\text{UVI} = \frac{\text{EUUV}(\text{mW m}^{-2})}{25(\text{m}^2 \text{ m}^{-1} \text{ W}^{-1})}$$

หรือ

$$\text{UVI} = \text{EUUV}(\text{W m}^{-2}) \times 40(\text{m}^2 \text{ W}^{-1}) \quad (2.3)$$

โดยปกติค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-16 แต่อาจมีค่าสูงกว่านี้ได้ขึ้นอยู่กับความสูงของแต่ละพื้นที่ โดยค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ระดับความรุนแรงต่าง ๆ กันจะมีแนวทางการปฏิบัติตัวเพื่อการป้องกันที่ต่างกันไปดังแสดงในรูปที่ 19

UV INDEX 1	UV INDEX 2	UV INDEX 3	UV INDEX 4	UV INDEX 5	UV INDEX 6	UV INDEX 7	UV INDEX 8	UV INDEX 9	UV INDEX 10	UV INDEX 11+
Low (0-2)		Medium (3-5)			High (6-7)		Very High (8-10)			Extremely High (11+)
Sungreen, SPF 30+ Sunglasses		Sungreen, SPF 30+ Sunglasses Hat & SummerSkin™			Sungreen, SPF 30+ Sunglasses Hat & SummerSkin™ Seek Shade		Sungreen, SPF 30+ Sunglasses Hat & SummerSkin™ Seek Shade Limit time outside between 10am-4pm			Sungreen, SPF 30+ Sunglasses Hat & SummerSkin™ Seek Shade Stay inside between 10am- 4pm

รูปที่ 19 ค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตและการป้องกัน (iPhoneMod.net, 2017)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นที่ทราบกันดีว่าปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกนั้นมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมดังที่กล่าวมาแล้ว จึงมีนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศให้ความสนใจศึกษาปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตและตัวแปรต่าง ๆ ในบรรยากาศที่มีผลต่อการลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยผู้วิจัยขอยกตัวอย่างต่อไปนี้

Molina และ Rowland (1974) ได้เสนอแนวความคิดที่ว่าสาร chlorofluorocarbon (CFCs) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเป็นตัวทำลายโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ จะส่งผลให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก แม้จะมีการเตือนภัยแล้วก็ตาม การใช้สาร CFCs ยังคงมีอยู่เนื่องจากราคาไม่แพง อีกทั้งยังไม่มีผลการวิจัยยืนยันถึงผลของสาร CFCs ต่อโอโซนในบรรยากาศ

Farman และคณะ (1985) ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณโอโซนที่วัดจากสถานีสำรวจของอังกฤษที่ Halley Bay บริเวณขั้วโลกใต้ พบว่าปริมาณโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ลดลงถึง 40% ในระยะเวลา 10 ปี ภายหลังจากเรียกบริเวณนี้ว่า ozone hole ซึ่งเป็นผลมาจากสาร CFCs ที่มารวมตัวกันในบริเวณนั้นด้วยการไหลวนของกระแสอากาศช่วงฤดูหนาวของขั้วโลกใต้ การค้นพบครั้งนี้ถือว่าเป็นการยืนยันแนวคิดของ Molina และ Rowland (1974)

เวลาต่อมา Newman และ Alpert (1986) ได้ตีพิมพ์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโอโซนจากดาวเทียม Nimbus 7 ได้แสดงให้เห็น ozone hole พบบริเวณทวีปแอนตาร์กติกาด้วย นอกจากนี้ที่พบในบริเวณขั้วโลกใต้ Proffitt และคณะ (1990) ยังพบการลดลงของโอโซนบริเวณขั้วโลกเหนือด้วย นอกจากนี้ Gleason และคณะ (1993) ได้พบการลดลงของโอโซนที่บริเวณ mid-latitude และแถบศูนย์สูตร

การลดลงของปริมาณโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ส่งผลให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตลงมาถึงพื้นโลกเพิ่มขึ้น ทำให้มีนักวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ออสเตรเลียเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยประชากรมีอัตราการป่วยเป็นโรค Non-melanoma skin cancer และ cutaneous malignant melanoma สูงมากประเทศหนึ่ง ดังนั้น Roy และคณะ (1998) ได้จัดตั้งเครือข่ายสถานีวิตรังสีอัลตราไวโอเล็ตขึ้นช่วงกลางทศวรรษ 1980 มีอยู่ 7 สถานี ตั้งแต่บริเวณศูนย์สูตรจนถึงขั้วโลกใต้

เป็นที่ทราบกันว่าความสูงของพื้นที่มีผลต่อความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต Ren และคณะ (1999) จาก Geophysical Institute, University of Bergen และ University of Courses on Svalbard ประเทศนอร์เวย์ ได้ศึกษาผลของความสูงพื้นที่ต่อความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เมืองลาซา เขตปกครองพิเศษทิเบต โดยใช้เครื่องวัด moderate bandwidth filter instrument และ fixe imaging compact spectrometer ใช้ข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคม 1996 ถึงธันวาคม 1997 การศึกษาพบว่า ความเข้มของ EUV ที่เมืองลาซา มีค่าสูงกว่า เมือง San Diego ประเทศสหรัฐอเมริกา 1.3-1.5 เท่า และสูงกว่าเมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย 1.2-1.4 เท่า

นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเล็ตจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาระยะยาว วัฏจักรสุริยะ และปริมาณโอโซนในบรรยากาศ Zerefos และคณะ (1998) จาก Laboratory of Atmospheric Physics, Aristotle University of Thessaloniki ประเทศกรีซ ทำการศึกษาที่เมือง Thessaloniki ใช้ข้อมูล spectral UV-B ที่ความยาวคลื่น 305 และ 325 นาโนเมตร ที่ได้จากเครื่อง Brewer spectrophotometer ผลการศึกษาพบว่าความเข้ม UV-B 305 nm เกิดการเปลี่ยนแปลง 10% ต่อทศวรรษ ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของโอโซน

ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกมีความสัมพันธ์กับความเข้มรังสีอาทิตย์รวมทั้งพื้นผิวโลก Elhadidy และคณะ (1990) ได้ศึกษาสัดส่วนของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (295-385 nm) กับความเข้มรังสีตรงในช่วงความยาวคลื่นกว้าง โดยวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตด้วย Eppley radiometer และวัดความเข้มรังสีตรงด้วย Eppley Pyrheliometer การศึกษานี้ทำที่เมือง Dhahran ประเทศซาอุดีอาระเบีย ตั้งแต่เดือนมกราคม 1985 ถึงเดือนธันวาคม 1987 ผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าขึ้นกับ clearness index ของบรรยากาศ เมื่อ clearness index มีค่าสูงกว่า 0.15 ค่าสัดส่วนจะมีค่าคงที่เท่ากับ 3.45% และในฤดูฝนค่าสัดส่วนดังกล่าวจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.6%

นอกจากนี้ Rafieepour และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ตกับฤดูกาลและเวลา โดยแบ่งเวลาออกเป็นช่วง ๆ (7-9, 9-11, 11-13, 13-15 และ 15-17 นาฬิกา) ทำการศึกษาที่เมือง Arak ประเทศอิหร่าน ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2011 ถึงเดือน

พฤษภาคม 2012 ผลการศึกษาพบว่า ระดับรังสี UV-A ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนเมษายน 1.27 (0.724) $W m^{-2}$ และเดือนกันยายน 7.147 (4.128) $W m^{-2}$ สำหรับ UV-B ต่ำสุดอยู่ในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน 0.005 (0.003) และ 0.083 (0.077) ในเดือนกันยายน โดย UVR สูงสุดระหว่าง 11 ถึง 15 นาฬิกา กล่าวโดยสรุปคือ ในเมืองตอนกลางของอิหร่านจะได้รับ UV-A และ UV-B ต่ำและสูงสุดในเดือนมีนาคม - เมษายนและในเดือนกันยายนตามลำดับ จากข้อมูลตำแหน่งเชิงมุมของดวงอาทิตย์ บนท้องฟ้า ปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า และความสูงจากระดับพื้นดินส่งผลต่อปริมาณรังสี UVR

เป็นที่ทราบกันว่าเมฆและมุมเซนนิธของดวงอาทิตย์ (SAZ) มีอิทธิพลต่อความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจาย ดังนั้น Parisi และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของเมฆและมุมเซนนิธของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์กระจาย ทำการศึกษาโดยวัดรังสีกระจายทุก ๆ 10 นาที เป็นระยะเวลา 4 เดือน ด้วยเครื่อง UV spectroradiometer สำหรับ SAZ ที่ 4.1-80 องศา สำหรับความยาวคลื่นสั้นและความยาวคลื่นยาวถูกตัดออกแต่ไม่ได้ส่งผลต่อ $EUVR_{Dif}$ อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อมีเมฆปกคลุมท้องฟ้า การตัดความยาวคลื่นได้รับอิทธิพลจาก SAZ อยู่ในช่วง 290.5 ± 0.3 nm สำหรับ SAZ ขนาดเล็ก ถึง 295.1 ± 0.7 nm สำหรับ SAZ ขนาดใหญ่ ความยาวคลื่นของ $EUVR_{Dif}$ ไม่ได้รับอิทธิพลจาก SAZ ที่ 40 องศาหรือน้อยกว่า สำหรับ SAZ ที่ความยาวคลื่นสูงชันการแผ่รังสีสเปกตรัมสูงสุด $EUVR_{Dif}$ เพิ่มขึ้นจาก 305 nm เป็น 313.9 nm

รังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจายนั้นมีความสำคัญต่อการได้รับรังสีอาทิตย์ของมนุษย์ ดังนั้น Silva (2015) ได้ทำการศึกษาที่เมือง Belo Horizonte ประเทศบราซิล และเสนอแบบจำลอง semi-empirical เพื่อใช้คำนวณหาความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์กระจาย (EDR_{Dif}) โดยใช้ข้อมูลการวัดจากความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจาย (UV_{Dif}) ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตรวม (UV_G) และความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รวม (EDR_G) ผลการศึกษาจะเกี่ยวข้องกับมุมเซนนิธของดวงอาทิตย์ EDR_{Dif} มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และเมฆเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อรังสีกระจาย โดยอัตราส่วนระหว่าง Dif และ G (Dif/G) แสดงเป็นสมการกำลังสองที่ขึ้นกับเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า มีค่า $r^2 = 0.79$ ค่าสูงสุดของ EDR_{Dif} ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 137.5 $mW m^{-2}$ ซึ่งอยู่ในช่วงดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตระดับปานกลางจนถึงระดับสูงสุดขีดที่ค่ามากกว่า 262.5 $mW m^{-2}$ อยู่ในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน โดยค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รวมรายวัน (daily ED_G) จะสอดคล้องกับรังสีกระจาย (daily ED_{Dif}) อยู่ในช่วง 936 $J m^{-2}$ ถึง 5053 $J m^{-2}$ และเฉลี่ย 2673 $J m^{-2}$ โดย daily ED_{Dif} มีความสอดคล้องกันอย่างน้อย 48% ของ daily ED_G สำหรับกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ

นอกจากนี้ Wang และคณะ (2015) ยังได้ทำการศึกษาความแปรปรวนของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 290-400 นาโนเมตร และความสัมพันธ์ระหว่างรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) กับรังสีอาทิตย์รวม (G) ซึ่งวัดที่เมือง Yanting ($31^{\circ}16'$ N, $105^{\circ} 27'$ E และ 420 m จาก

ระดับน้ำทะเล) ทางภาคตะวันตกเฉียงใต้ของจีน ในระหว่าง ค.ศ. 2005-2012 โดยพบว่าอัตราส่วนค่ารายวันของ UV/G ในเดือนมกราคมมีค่า 3.7% และเพิ่มขึ้นเป็น 4.5% ในเดือนกรกฎาคม โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 4.2% ในงานวิจัยนี้ใช้ดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศเป็นตัวบอกลักษณะของท้องฟ้า จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างรังสีอัลตราไวโอเล็ตกับรังสีอาทิตย์รวม แสดงให้เห็นว่าความชันกราฟในสภาพเมฆเต็มท้องฟ้าเป็น 0.05 และเปลี่ยนเป็น 0.04 ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ ในการศึกษาที่ใช้แบบจำลองสำหรับหารังสีอัลตราไวโอเล็ตจำนวน 9 แบบ ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยรังสี UV รายชั่วโมง มวลอากาศ Cloud modification factor (CMF) และดัชนีความแจ่มใสของบรรยากาศ และใช้การประเมินทางสถิติ ได้แก่ MBE, MAE และ RMSE จากการเปรียบเทียบค่าทางสถิติของแบบจำลองต่าง ๆ ทำให้ได้แบบจำลองสำหรับหาค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เหมาะสมที่สุดและนำมาวิเคราะห์ผลกระทบของเมฆ ซึ่งพบว่าการลดลงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เกิดจากเมฆเพิ่มขึ้นจาก 35.6% ในเดือนกรกฎาคม เป็น 64.4% ในเดือนมกราคม

Adam และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนของรังสีอัลตราไวโอเล็ตปีต่อรังสีอาทิตย์รวมภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้าในพื้นที่กึ่งเขตร้อน โดยจะศึกษาความแปรปรวนของอัตราส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ตปี (UVB) ต่อรังสีดวงอาทิตย์รวม (G) (UVB/G) ภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้าที่เมืองกินา ประเทศอียิปต์ ในช่วงปี 2000-2009 โดยพิจารณาร่วมกับปริมาณเมฆ (CA) ที่มุมเซนิตของดวงอาทิตย์ต่าง ๆ (SZA) โดยแบ่งมุมเซนิตของดวงอาทิตย์เป็น 4 กลุ่ม ($SZA \leq 30^\circ$, $30^\circ < SZA \leq 45^\circ$, $45^\circ < SZA \leq 60^\circ$ และ $SZA > 60^\circ$) ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนนี้เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเมฆเพิ่มขึ้นสำหรับทุกมุมเซนิตของดวงอาทิตย์ ยกเว้นกรณีที่มีมุมเซนิตน้อยกว่า 30° ซึ่งอัตราส่วน UVB/G จะลดลงเมื่อปริมาณเมฆเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของชนิดของเมฆต่อ UVB/G โดยพบว่าภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้า (โดยเฉพาะกรณีเมฆมาก) อัตราส่วน UVB/G เพิ่มขึ้นเมื่อเมฆชั้นต่ำและชั้นกลางมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีเมฆชั้นสูง ค่าเฉลี่ยของ UVB/G กรณีเมฆน้อย (1-2 octas) มีค่ามากกว่า (7.56%) กรณีเมฆมาก (7-8 octas) และพบว่าค่าเฉลี่ยของ UVB/G ภายใต้เมฆชั้นต่ำคิดเป็น 1.1 และ 1.2 เท่าของ อัตราส่วนภายใต้เมฆชั้นสูงและเมฆชั้นกลาง ตามลำดับ สุดท้ายได้ประเมินค่าอัตราส่วน UVB/G ภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้า โดยดูการแปรค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกับดัชนีความแจ่มใสของท้องฟ้า (sky clearness, \mathcal{E}) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน UVB/G มีค่าในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ ($0.31 \pm 0.02\%$) คิดเป็น 1.08 เท่าของค่าเฉลี่ย UVB/G ภายใต้สภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ

จากงานวิจัยของต่างประเทศที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าในแต่ละประเทศมีการศึกษาเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แตกต่างกันออกไป เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตในพื้นที่ต่าง ๆ การศึกษาการลดทอนค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ใน

บรรยากาศ การสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นต้น สำหรับประเทศไทยได้มีการวิจัยด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตเช่นกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

เกษรินทร์ ท่านประเสริฐ (2546) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตปีจากดวงอาทิตย์กับดัชนีเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตปีจากสถานีวัด 4 แห่ง ที่จังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา แล้วทำเป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตปีที่ได้จากการวัดกับที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง UVSPEC ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนำมาใช้คำนวณดัชนีเมฆทั้ง 4 สถานี หลังจากนั้นนำค่าอัตราส่วนดังกล่าวมาหาสหสัมพันธ์กับค่าดัชนีเมฆใน 4 กรณี คือ ข้อมูลรายชั่วโมง รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน รายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ผลที่ได้พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.70, 0.72, 0.71 และ 0.78 ตามลำดับ จากนั้นทำแบบจำลองแต่ละกรณี เมื่อทำการทดสอบแบบจำลองพบว่า root mean square difference (RMSD) เท่ากับ 30.0%, 20.0%, 18.5% และ 11.0% ตามลำดับ

กิริติ เกิดศิริ (2549) ทำการศึกษาลักษณะทางสถิติและแบบจำลองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตรวมจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากเครื่อง Biometer 501-A จำนวน 5 ปี (2001-2005) จากสถานีวัด 4 แห่งในประเทศไทย คือ สถานีวัดจังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี สงขลา และสถานีวัดมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาการแปรค่ารายวัน รายปี และนำความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับข้อมูลรังสีรวม ในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆและมีเมฆปกคลุม เพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง จากการทดสอบแบบจำลองโดยนำค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดพบว่าค่า RMSD ในกรณีวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆและมีเมฆปกคลุม เท่ากับ 15.4% และ 20.3% ตามลำดับ

Janjai และคณะ (2010) ทำการศึกษาค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ (EUV) ในประเทศไทยจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยการใช้แบบจำลองข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนำมาคำนวณหาความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายวัน ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้ คือ ข้อมูลสัมประสิทธิ์การสะท้อนของบรรยากาศและพื้นผิวโลกที่ได้มาจากดาวเทียม GMS5 ข้อมูลโอโซนที่ได้มาจากดาวเทียม EP/TOMS และข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้มาจากการวัดภาคพื้นดิน ทำการทดสอบแบบจำลองนี้โดยใช้ข้อมูลการวัดจาก 4 สถานีหลักของประเทศไทย ได้ค่า RMSD และ MBD เท่ากับ 12.3% และ 0.7% ตามลำดับ ต่อจากนั้นนำแบบจำลองมาใช้คำนวณความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนทั่วประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม GMS5 ดาวเทียม EP/TOMS และข้อมูลจากภาคพื้นดิน ทั้งหมด 8 ปี และนำค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์

รายวันเฉลี่ยต่อเดือนที่ได้มาแสดงในรูปแบบที่ทั้งรายเดือนและรายปีแบบระยะยาว แผนที่ตั้งกล่าวจะแสดงให้เห็นอิทธิพลของมรสุมที่มีผลต่อความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตในประเทศไทย

ศุภวัฒน์ วิสิฐศิริกุล (2554) ได้ศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีวัด 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือสถานีจังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสถานีจังหวัดอุบลราชธานี ภาคกลางที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม และภาคใต้สถานีจังหวัดสงขลา โดยใช้ข้อมูลวัดจากเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบหลายช่องสัญญาณ หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์และค่าดัชนีความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ากรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ ข้อมูลความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงที่เวลาเที่ยงวันมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมากจนถึงระดับสูงสุดขีดตาม UV index ที่องค์การอนามัยโลกกำหนด โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สถานีสงขลามีค่าดัชนีความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ค่าดัชนีความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากข้อมูล OMI มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลวัดของทั้ง 4 สถานี ที่เวลา overpass time สำหรับกรณีท้องฟ้าทั่วไปพบว่าค่าดัชนีความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากข้อมูล OMI มีค่าสูงกว่าจากการวัด โดยมีค่า MBD ของสถานเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และ สงขลาคิดเป็น 30%, 28%, 13% และ 16% ตามลำดับ ส่วนกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆผลที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกัน นั่นคือ ดัชนีความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากข้อมูล OMI มีค่าสูงกว่าจากการวัด โดยมีค่า MBD ของสถานเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และ สงขลาคิดเป็น 38%, 31%, 21% และ 15% ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากฝุ่นละออง ปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า และข้อมูลจากดาวเทียมซึ่งมีการวัดเป็นค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในขณะที่เครื่องวัดภาคพื้นดินเป็นการวัดที่จุดใดจุดหนึ่ง ณ เวลานั้น

ประนอมกร ชูศรี (2556) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จากดวงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์และความเข้มข้นรังสีรวมจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัด 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ (18.78°N, 98.98°E) จังหวัดอุบลราชธานี (15.25°N, 104.87°E) จังหวัดนครปฐม (13.82°N, 100.04°E) และจังหวัดสงขลา (7.20°N, 100.60°E) ในการพัฒนาแบบจำลองใช้รูปแบบของค่าสัดส่วนของรังสีทั้งสอง และนำค่าสัดส่วนมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณโอโซน ปริมาณไอน้ำ และค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองจะได้เป็นรูปแบบเชิงเส้น ส่วนความสัมพันธ์ของค่าสัดส่วนกับค่าดัชนีความโปร่งใสของบรรยากาศและโคไซน์ของมุมเซนนิธจะเป็นแบบพหุนามกำลังสองและแบบเอกซ์โพเนนเชียล ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ทั้งหมดนำมาสร้างเป็นแบบจำลองได้ 4 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองในการคำนวณค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงจากรังสีรวมกรณีสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆและกรณีสภาพท้องฟ้าทั่วไป แบบจำลองในการคำนวณ

ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันจากรังสีรวมสำหรับกรณีสภาพท้องฟ้าทั่วไป และสุดท้ายเป็นแบบจำลองในกรณีสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆที่ใช้คำนวณค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงจากตัวแปรต่าง ๆ ในบรรยากาศ โดยการสร้างแบบจำลองใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 2009-2010 และการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 2011 ผลการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองพบว่าค่า RMSD ของแต่ละแบบจำลองเท่ากับ 10.9%, 13.5%, 10.9% และ 11.6% ตามลำดับ และค่า MBD เท่ากับ -0.3%, -0.5%, 0.4% และ 1.0% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าค่าการวัดและค่าจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกันดี

จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา (2560) ทำการศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากรจังหวัดนครปฐม โดยใช้เครื่อง UV spectroradiometer ที่มหาวิทยาลัยศิลปากร (13.82°N, 100.04°E) จังหวัดนครปฐม ระหว่างช่วง ค.ศ. 2015-2017 และรวบรวมข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ในช่วง ค.ศ. 2010-2014 จากข้อมูลนี้ได้วิเคราะห์เป็น 3 งาน โดยงานที่ 1 ทำการเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร กับสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นเดียวกันที่ได้จากดาวเทียม OMI/AURA ผลการเปรียบเทียบพบว่า root mean square difference (RMSD) มีค่าเท่ากับ 46.5%, 24.5%, 32.4% และ 24.5% ตามลำดับ ส่วนงานที่ 2 นำข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตมาคำนวณค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV index, UVI) พบว่า 14.4%, 13.2% และ 4.0% จากข้อมูลทั้งหมดคิดเป็น สูงสุดขีด สูงมาก และสูง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่า UVI สูงถึงสูงสุดขีดเกิดขึ้นมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม และงานสุดท้าย ทำการเสนอและทดสอบสมรรถนะของวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา 9:00-15:00 นาฬิกา ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ จากวิธีหนึ่งพบว่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการวัดและการพยากรณ์อยู่ในช่วง 6-22%

จากการศึกษางานวิจัยทั้งหมดที่ผ่านมา จะเห็นว่าในประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตค่อนข้างน้อย และส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้เสนอการศึกษาลักษณะทางสถิติของรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ 4 สถานีในภูมิภาคหลักของประเทศไทย ดังรายละเอียดของงานวิจัยที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป

บทที่ 3

วิธีการวิจัยและผล

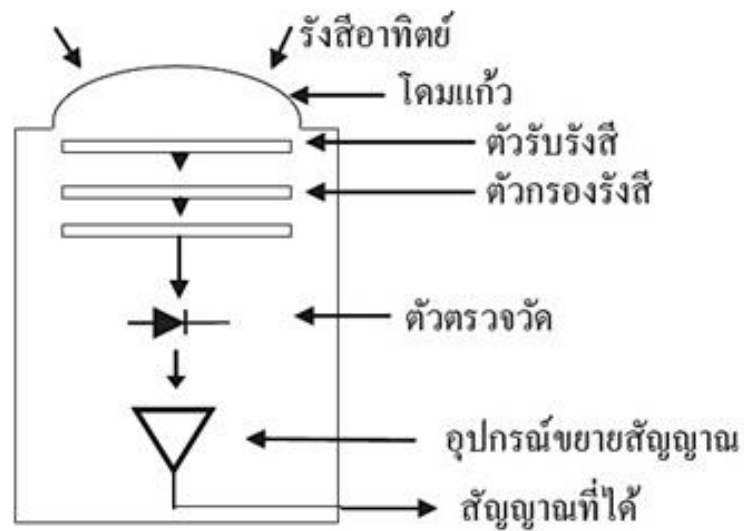
ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่มีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ทั้งรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลา ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ รวมไปถึงการดูดกลืนและการกระเจิงขององค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โอโซน และเมฆ เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลความเข้มรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ 4 ภูมิภาคหลักของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือที่จังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดอุบลราชธานี ภาคกลางที่จังหวัดนครปฐม และภาคใต้ที่จังหวัดสงขลา โดยมีรายละเอียดตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การวัดและการบันทึกข้อมูล

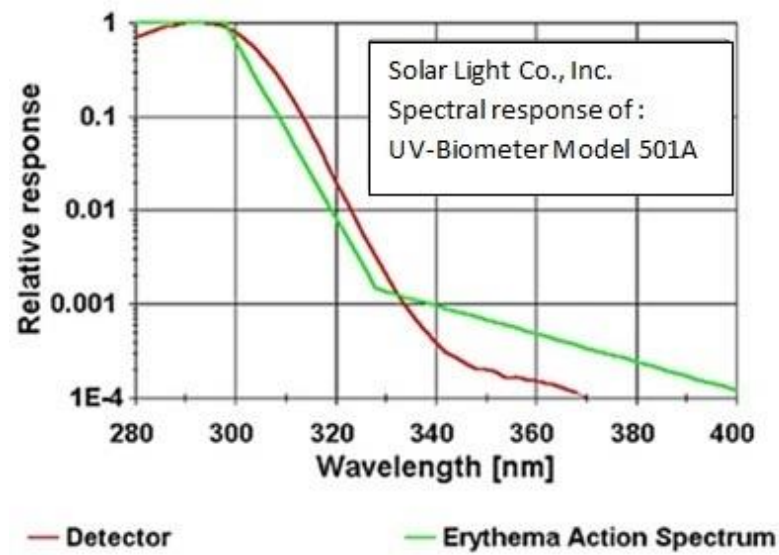
เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A ของบริษัท Solar Light ประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 20) ซึ่งประกอบด้วย โดมแก้ว ตัวรับรังสี ตัวกรองรังสี ตัวตรวจวัดและวงจรขยายสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 21 เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบเครื่องวัดผ่านโดมแก้วมาเข้าตัวรับรังสี พอมาถึงตัวกรองรังสีจะทำให้เครื่องวัดวัดเฉพาะรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ (EUV) โดยเครื่องวัดดังกล่าวมีลักษณะกราฟการตอบสนองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต ดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 20 เครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A ของบริษัท Solar Light ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 21 ส่วนประกอบของเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง ในงานวิจัยนี้
เครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A

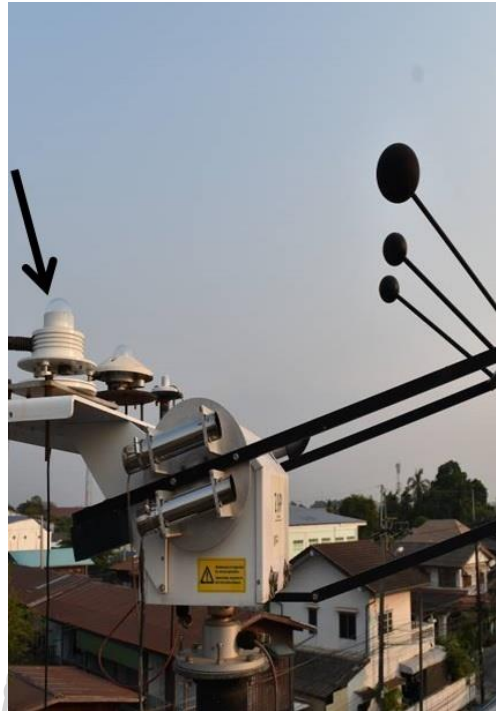


รูปที่ 22 กราฟการตอบสนองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตของเครื่องวัด UV-Biometer รุ่น 501A

กรณีการวัดรังสีกระจาย เครื่องวัดดังกล่าวจะติดตั้งอยู่บนเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (sun tracker) ซึ่งมีลูกบอลบังรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทำให้เครื่องวัดเฉพาะรังสีกระจายเท่านั้น ลักษณะของเครื่องวัดทั้ง 4 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 23-26



รูปที่ 23 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีเชียงใหม่



รูปที่ 24 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 25 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีนครปฐม



รูปที่ 26 เครื่องวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีสงขลา

กรณีการวัดรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ลักษณะของเครื่องวัด
ทั้ง 4 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 27-30



รูปที่ 27 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีเชียงใหม่



รูปที่ 28 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีอุบลราชธานี

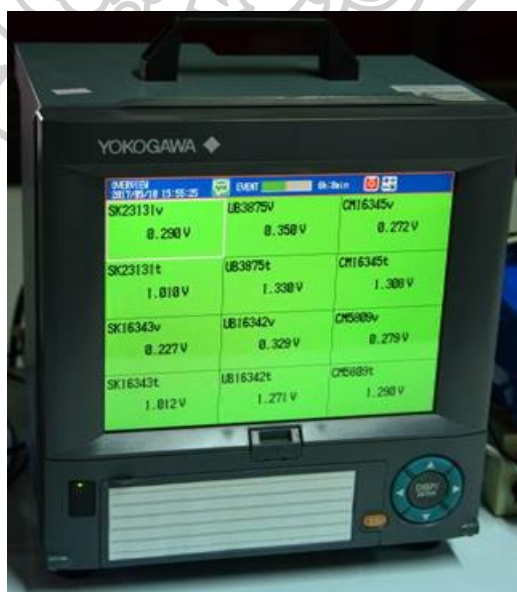


รูปที่ 29 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีนครปฐม



รูปที่ 30 เครื่องวัดความเข้มรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีสงขลา

เครื่องวัดที่แต่ละสถานีจะต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) รุ่น DX2000 ของบริษัท YOKOGAWA ประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูปที่ 31



รูปที่ 31 เครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) รุ่น DX2000 ของบริษัท YOKOGAWA ประเทศญี่ปุ่น

ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปศักย์ไฟฟ้าเป็นรายวินาที ผู้วิจัยจะทำการแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าให้เป็นความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสอบเทียบ (C) ของเครื่องวัดแต่ละเครื่อง ตามสมการ (3.1) แล้วทำการเฉลี่ยข้อมูลรายวินาทีให้เป็นรายชั่วโมงและรายวัน

$$EUV = (U - U_{\text{offset}}) \cdot C \cdot f_n(SZA, TO_3) \cdot \varepsilon(T) \cdot \text{Coscor} \quad (3.1)$$

เมื่อ

EUV	คือ	ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ $[W m^{-2}]$
U	คือ	ศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัด [V]
U_{offset}	คือ	ศักย์ไฟฟ้าขณะที่ไม่มีแสง [V]
C	คือ	สัมประสิทธิ์การสอบเทียบ $[W m^{-2} / V]$
$f_n(SZA, TO_3)$	คือ	ฟังก์ชันการแก้ค่าของมุมเซนนิธของดวงอาทิตย์ที่ 40 องศา และโอโซนรวมทั้งคอลัมน์ 300 DU [-]
$\varepsilon(T)$	คือ	ค่าปรับแก้เนื่องจากผลของอุณหภูมิ [-]
Coscor	คือ	ฟังก์ชันการแก้ค่าโคไซน์ของมุมตกกระทบ [-]

3.2 การสอบเทียบเครื่องวัด

เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งตามสถานีวัดต่าง ๆ มีการใช้งานกลางแจ้งตลอดเวลา ทำให้เครื่องวัดมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งาน โดยค่าสัมประสิทธิ์การสอบเทียบ (C) ที่ใช้แปลงค่าศักย์ไฟฟ้าให้เป็นความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงจำเป็นต้องทำการสอบเทียบเพื่อให้ทราบค่า C ที่เป็นปัจจุบัน โดยทั่วไปจะทำการสอบเทียบปีละ 1 ครั้ง โดยการนำเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตทั้งรังสีกระจายและรังสีรวมที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี และสถานีสงขลา กลับมายังสถานีนครปฐม เพื่อทำการสอบเทียบพร้อมกันทั้ง 8 เครื่อง (Intercomparison) โดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผลิตจากบริษัท Bentham มาเป็นเครื่องอ้างอิง จากนั้นทำการติดตั้งเครื่องวัดทั้งหมดเข้ากับแท่นยึดให้อยู่ใกล้กันและอยู่ในระดับเดียวกัน แล้วทำการวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 32

เครื่องวัดทั้งหมดต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล โดยบันทึกค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นรายวินาที การสอบเทียบจะดำเนินการในวันท้องฟ้าแจ่มใสตั้งแต่เวลา 9:00 น. ถึง 15:00 น. ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในหลายระดับ กล่าวคือ ในช่วงเช้าและบ่ายจะมีค่าความเข้มรังสีต่ำ ส่วนในช่วงเที่ยงจะมีค่าความเข้มรังสีสูง



รูปที่ 32 การสอบเทียบเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่สถานีนครปฐม

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต ผู้วิจัยได้ใช้ค่าความเข้มที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผลิตจากบริษัท Bentham มาเป็นความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตอ้างอิง โดยในการหาค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตอ้างอิงนั้นจะนำค่าสัญญาณที่วัดได้แต่ละความยาวคลื่นมาทำการคำนวณโดยใช้สมการ (3.2)

$$I_{\lambda} = \frac{C_{\lambda}}{S_{\lambda}} \quad (3.2)$$

เมื่อ

I_{λ} คือ ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแต่ละความยาวคลื่น [$\text{mW m}^{-2} \text{nm}^{-1}$]

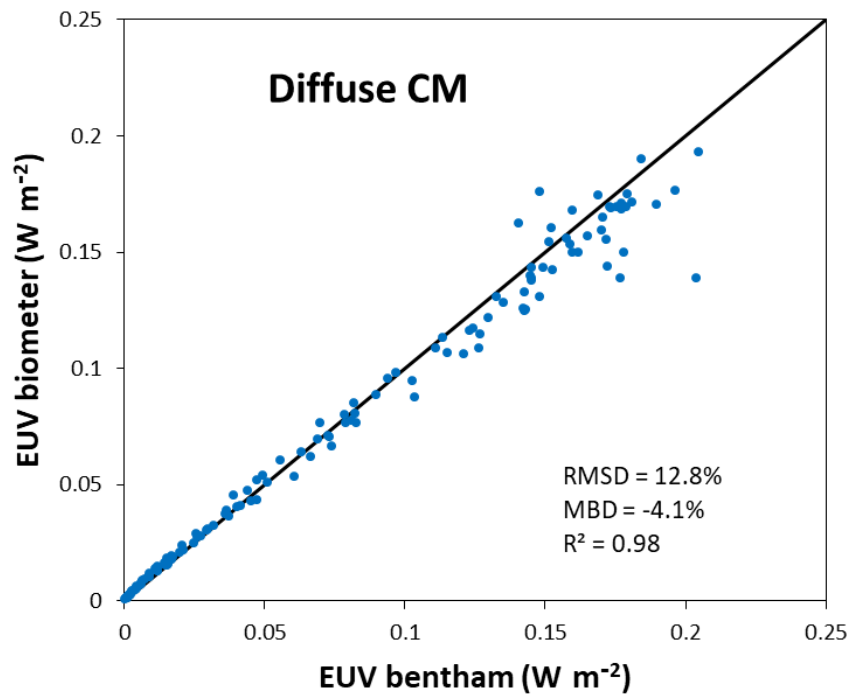
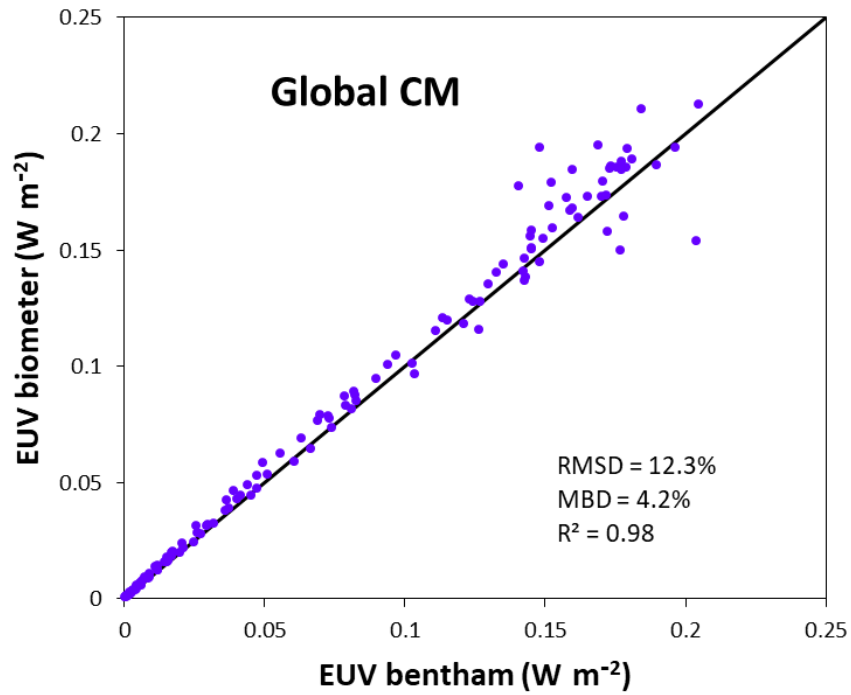
C_{λ} คือ ค่าสัญญาณที่ได้มาจากการวัดในแต่ละความยาวคลื่น [nA]

S_{λ} คือ sensitivity ของเครื่องวัดต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแต่ละความยาวคลื่น [$\text{nA/mW m}^{-2} \text{nm}^{-1}$]

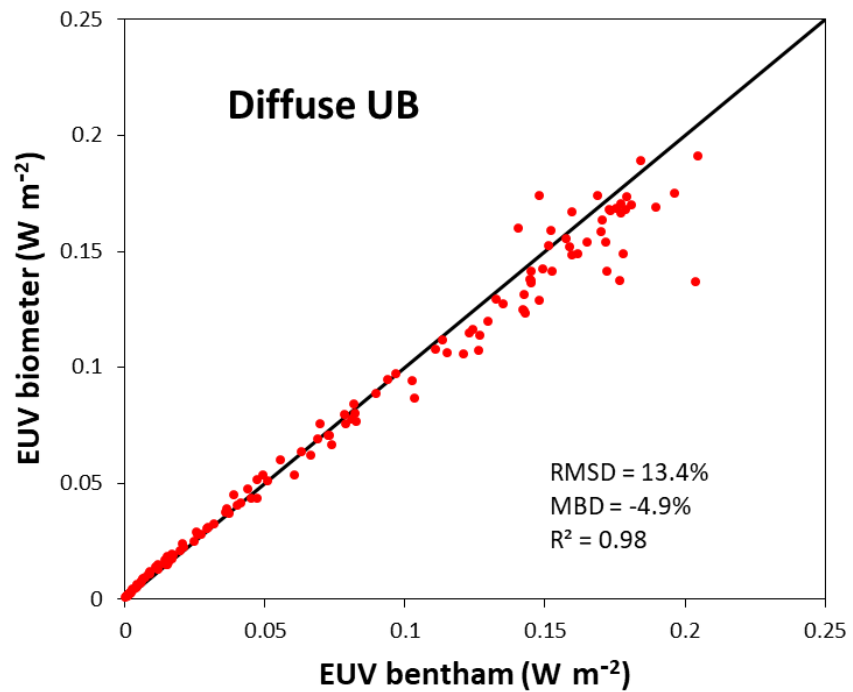
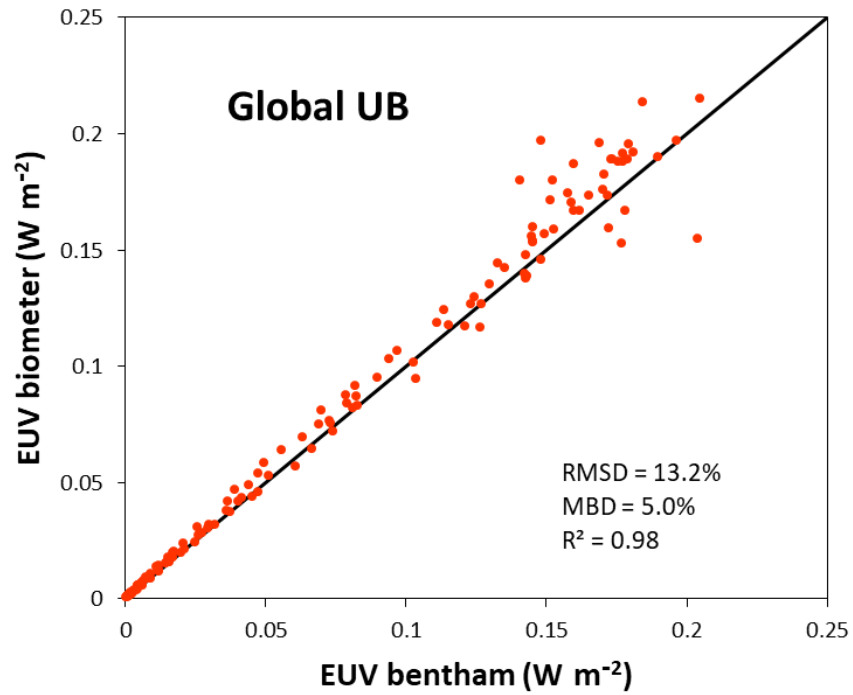
เมื่อได้ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต ผู้วิจัยจะนำค่าความเข้มแต่ละความยาวคลื่นมา
คูณกับค่าการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ และทำการอินทิเกรตความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตทุก
ความยาวคลื่น จึงจะได้เป็นความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ ที่สามารถคำนวณได้
จากสมการ (2.1) หลังจากนั้นจะนำค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์อ้างอิงแทน
ลงในสมการ (3.1) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสอบเทียบของเครื่องวัด UV-biometer แต่ละเครื่อง

จากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด
UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ซึ่งผลการเปรียบเทียบเครื่องวัดของแต่ละสถานีแสดง
ดังรูปที่ 33-36 โดยแกนนอนแสดงค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด Bentham และ
แกนตั้งแสดงค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer จากผลการ
เปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเครื่องวัด UV-biometer มีความ
ใกล้เคียงกับเครื่องวัด Bentham จะเห็นได้จากค่าความแตกต่างในรูปของ RMSD ที่น้อยกว่า 20%

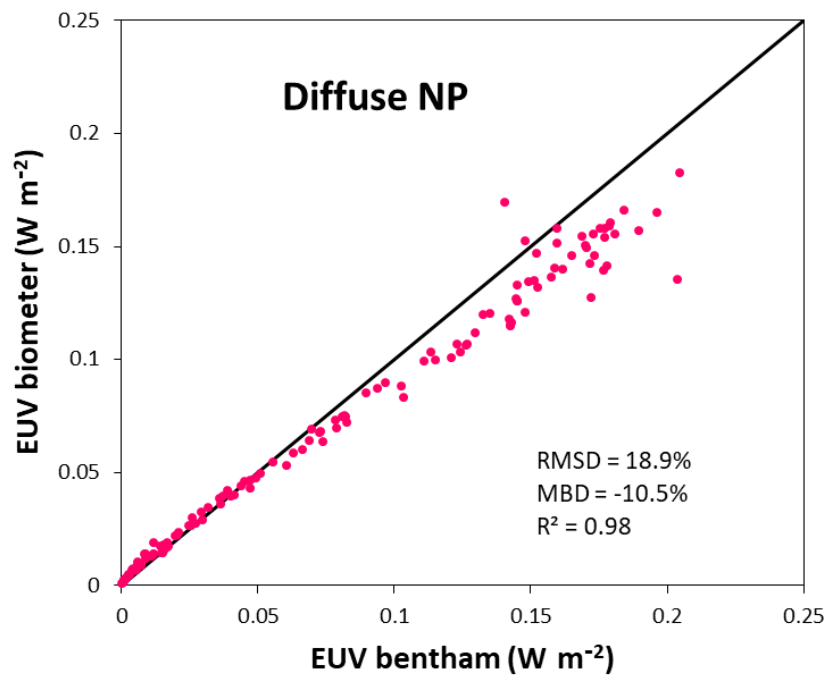
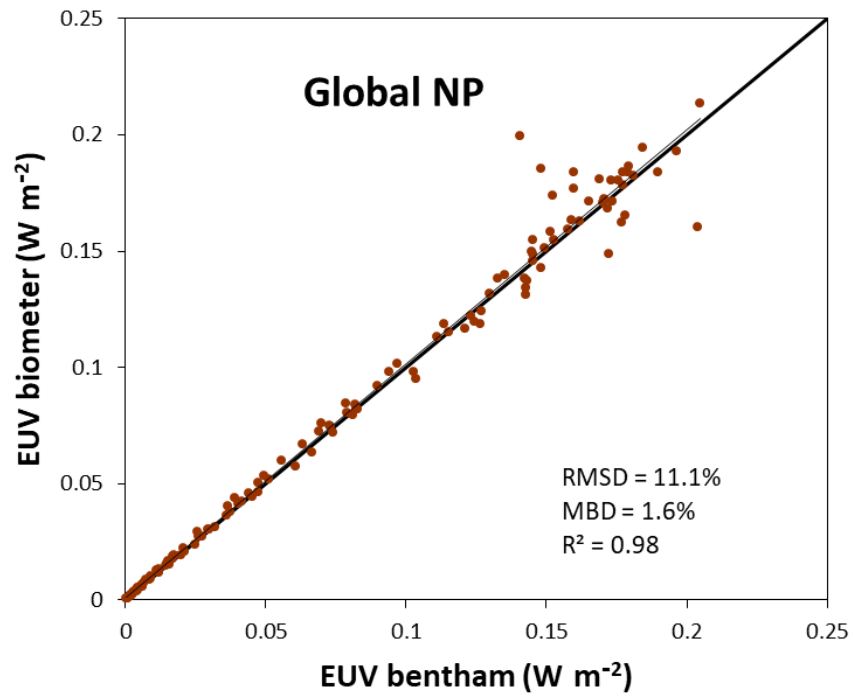




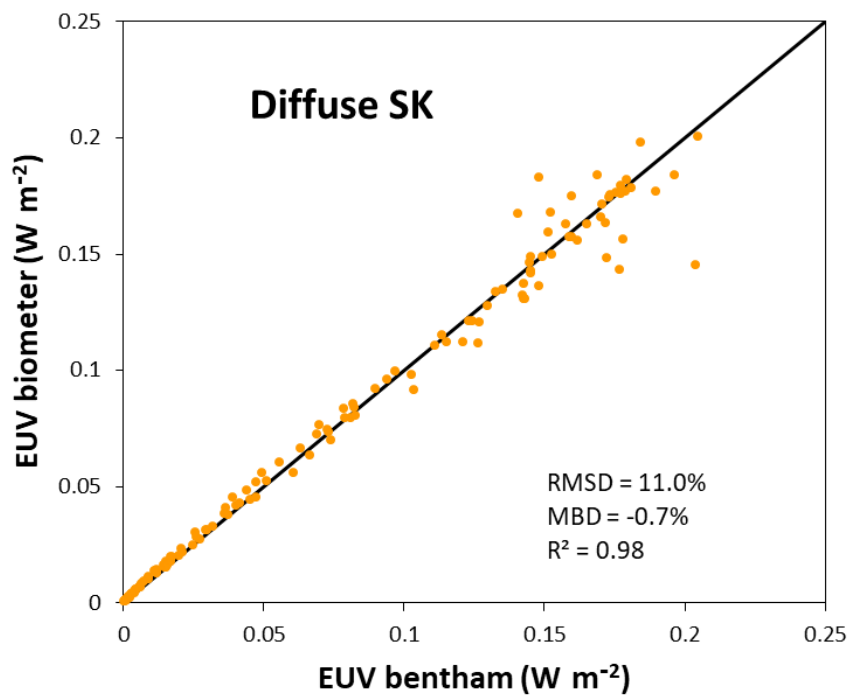
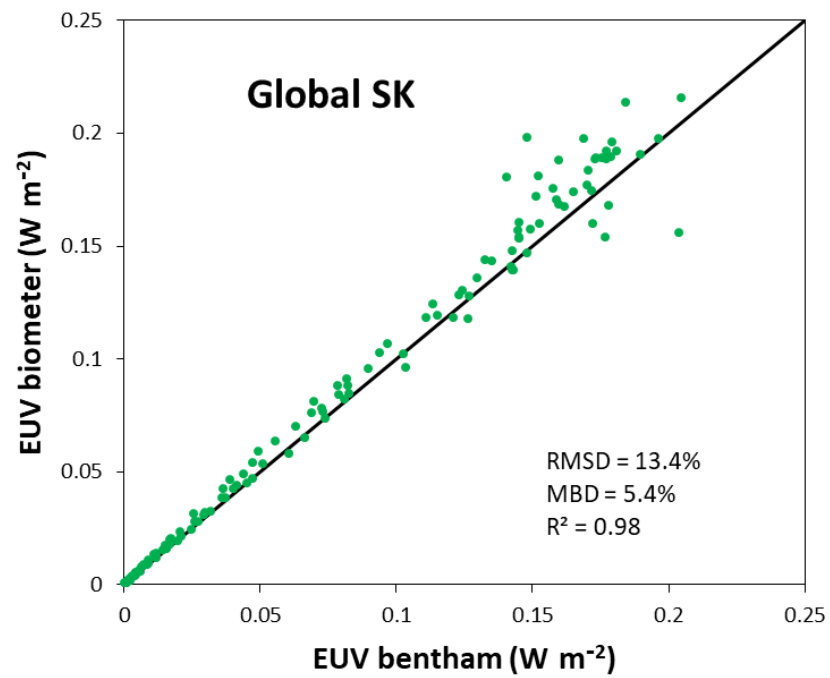
รูปที่ 33 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีเชียงใหม่



รูปที่ 34 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 35 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีนครปฐม

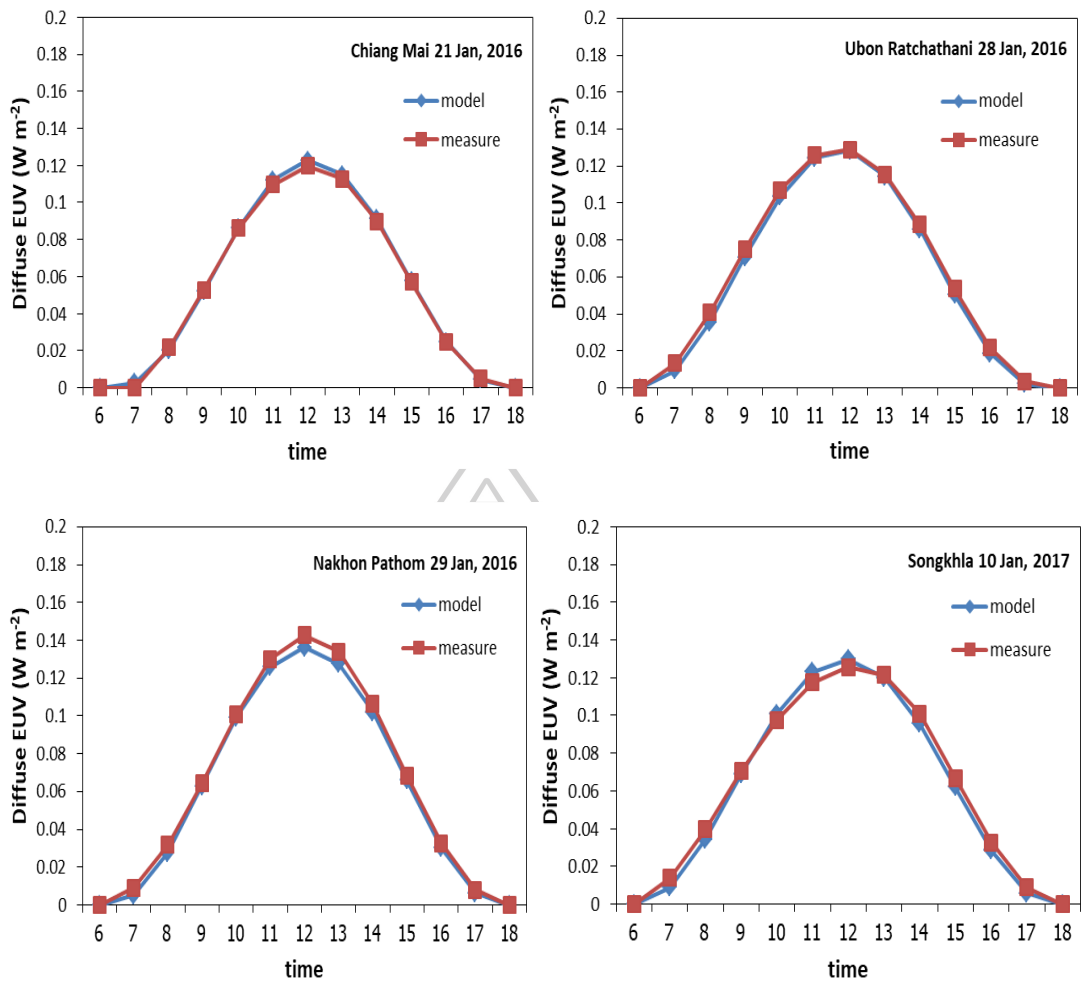


รูปที่ 36 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัด UV-biometer และจากเครื่องวัด Bentham ของสถานีสงขลา

3.3 การควบคุมคุณภาพข้อมูล

ถึงแม้ว่าเครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะได้รับการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ (1 ครั้งต่อปี) แต่ข้อมูลที่ได้อาจมีความผิดพลาดซึ่งเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น สายสัญญาณเกิดการชำรุด เครื่องบันทึกข้อมูลเกิดความผิดปกติ หรือความผิดพลาดจากเครื่องวัดที่อาจคาดไม่ถึง ซึ่งจะส่งผลทำให้ข้อมูลมีความผิดปกติ ดังนั้นเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องในการนำไปวิเคราะห์ จึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่บันทึกได้ หรือที่เรียกว่า การควบคุมคุณภาพข้อมูล โดยทั่วไปจะสามารถทำได้ 2 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการตรวจสอบทั่วไป ส่วนอีกวิธีเป็นการตรวจสอบอย่างละเอียดในการตรวจสอบทั่วไปนั้นสามารถทำได้โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับการตรวจสอบอย่างละเอียดนั้นจะดำเนินการโดยใช้แบบจำลองการถ่ายเทรังสี (radiative transfer model)

กระบวนการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีนี้ ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยจะทำการเลือกข้อมูลความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในวันท้องฟ้าปราศจากเมฆ (cloudless sky) ขั้นตอนถัดมาจะนำข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ในบรรยากาศที่จำเป็นต้องใช้มาเป็น input ของโปรแกรม UVSPEC โดยข้อมูลวัดที่สถานีเดียวกันและวัดในวัน เวลาเดียวกัน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณโอโซน และข้อมูลตำแหน่งของดวงอาทิตย์ หลังจากนั้นจะนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการคำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตด้วยโปรแกรม UVSPEC แล้วนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 37 ถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัดแสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากการวัดมีความละเอียดถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับกรณีที่มีการตรวจสอบพบว่าข้อมูลมีความผิดปกติ ผู้วิจัยจะตัดข้อมูลนั้นออกไม่นำมาใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 37 ตัวอย่างความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ได้จากการวัดและการคำนวณด้วยโปรแกรม UVSPEC

3.4 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยข้อมูลที่สถานีต่าง ๆ ทั้ง 4 ภูมิภาคหลักของประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ช่วงเวลาที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์

สถานี	ช่วงเวลาที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์	จำนวนปี
เชียงใหม่	1 มกราคม 2011 – 31 ธันวาคม 2018	8
อุบลราชธานี	1 มกราคม 2011 – 31 ธันวาคม 2018	8
นครปฐม	1 มกราคม 2011 – 31 ธันวาคม 2018	8
สงขลา	1 มกราคม 2011 – 31 ธันวาคม 2018	8

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษา

3.5.1 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ตามเวลาในรอบวัน (diurnal variation)

3.5.1.1 กรณีสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ (clear sky)

งานวิจัยนี้ เริ่มจากการศึกษาการแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ โดยผู้วิจัยทำการคัดเลือกวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆหรือมีเมฆน้อยที่สุด จากข้อมูลภาพถ่ายสภาพท้องฟ้าของเครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ที่ติดตั้งอยู่ทั้ง 4 สถานีที่ใช้ในการศึกษา ลักษณะของเครื่องถ่ายภาพท้องฟ้าทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 38-41 และตัวอย่างภาพถ่ายสภาพท้องฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 42



รูปที่ 38 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีเชียงใหม่



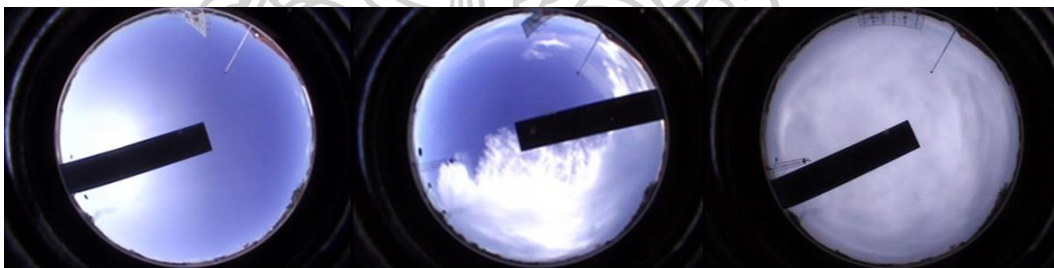
รูปที่ 39 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 40 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 41 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ของสถานีสงขลา



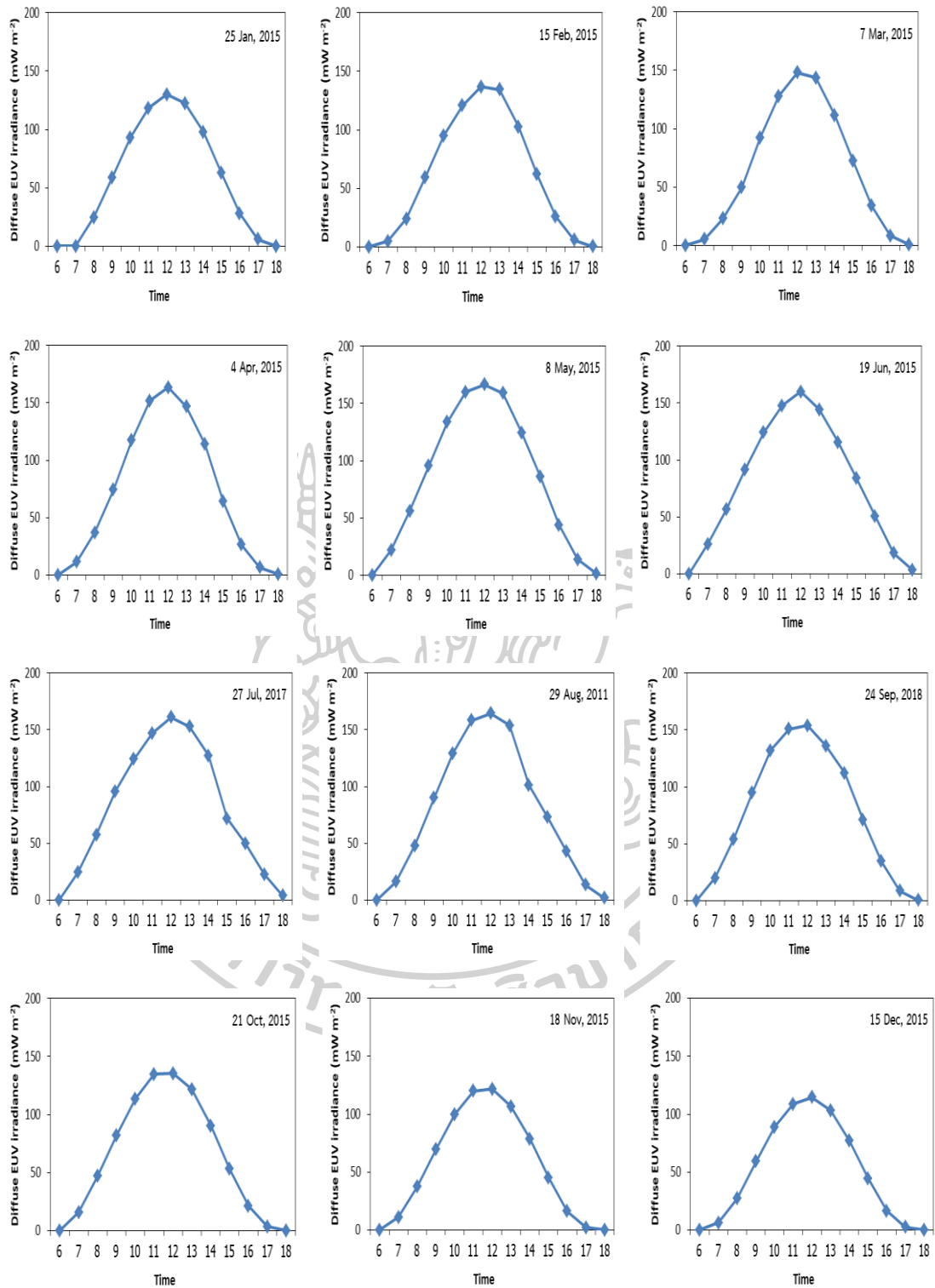
รูปที่ 42 ตัวอย่างภาพถ่ายท้องฟ้าจากเครื่อง sky view ที่นำมาใช้ในการคัดเลือกวันที่
ท้องฟ้าปราศจากเมฆ และวันที่ท้องฟ้าทั่วไป

จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลความเข้มรังสีดังกล่าวมาเขียนกราฟตามเวลาในรอบวัน
ดังแสดงในรูปที่ 43-46

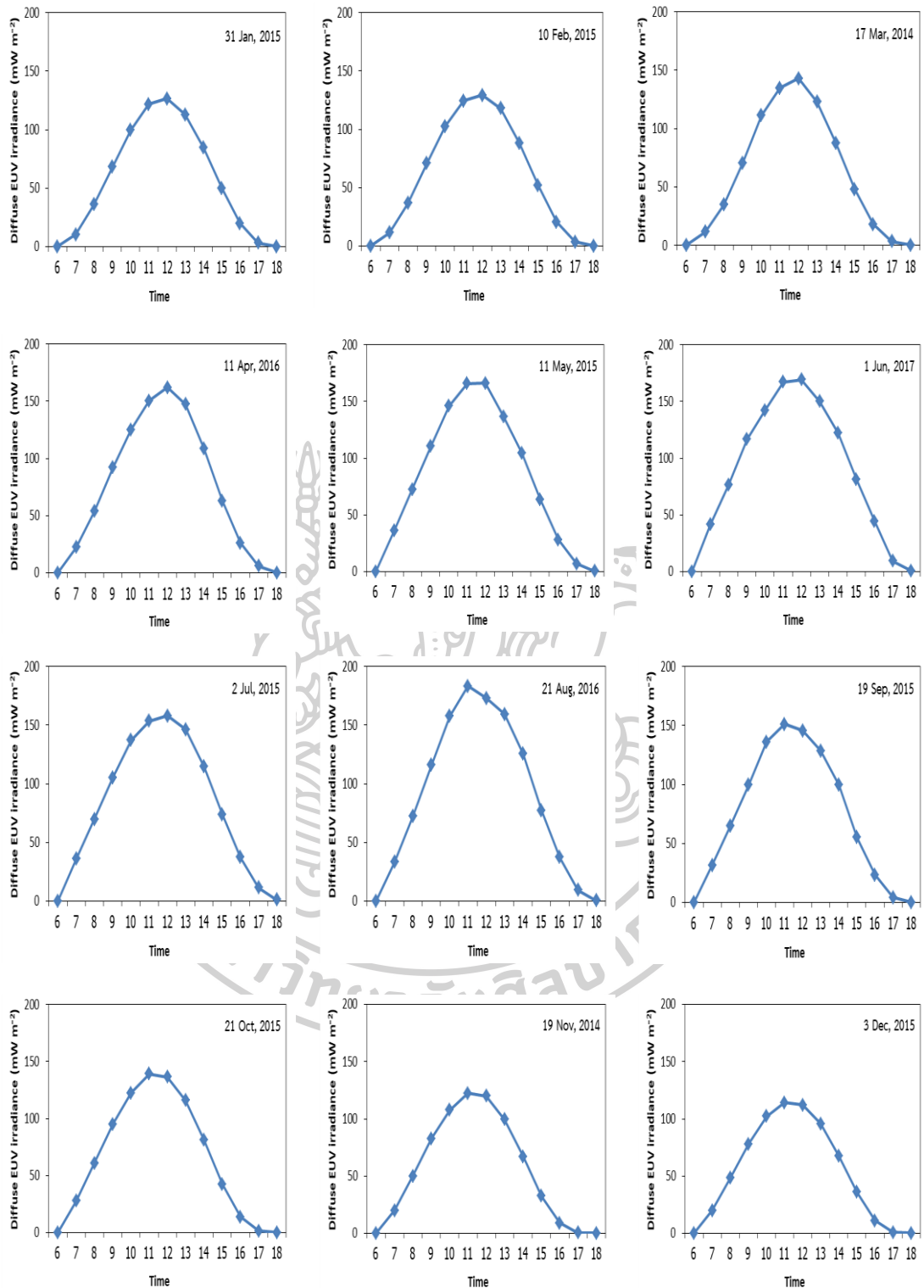
จากกราฟของสถานีเชียงใหม่ (รูปที่ 43) แสดงให้เห็นว่าในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเช้าจนไปถึงค่าสูงสุดในช่วงเที่ยง จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงอีกครั้งไปจนถึงช่วงบ่าย โดยลักษณะการแปรค่าของข้อมูลในช่วงเช้าและช่วงบ่ายค่อนข้างสมมาตรกัน เมื่อพิจารณา ค่าความเข้มรังสีในแต่ละเดือนพบว่าช่วงต้นปี (มกราคม-มีนาคม) และช่วงปลายปี (ตุลาคม-ธันวาคม) จะมีความเข้มสูงสุดต่ำกว่า 150 mW m^{-2} สำหรับช่วงเดือนเมษายน-เดือนกันยายนจะมีความเข้มสูงสุดมากกว่า 150 mW m^{-2}

สำหรับสถานีอุบลราชธานี และสถานีนครปฐม (รูปที่ 44 ,45) นั้นมีการแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์เหมือนกับ สถานีเชียงใหม่ กล่าวคือ ค่าความเข้มรังสีต้นปีและปลายปีมีความเข้มสูงสุดต่ำกว่า 150 mW m^{-2} ส่วนกลางปีมีความเข้มสูงสุดมากกว่า 150 mW m^{-2}

ส่วนสถานีสุดท้ายคือสถานีสงขลา (รูปที่ 46) จะมีความแตกต่างจากทั้ง 3 สถานีที่กล่าวมาแล้ว นั่นคือ จะมีค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของทุกเดือนสูงสุดมากกว่า 150 mW m^{-2} โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนมกราคม มีนาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน มีความเข้มรังสีสูงสุดมากกว่า 180 mW m^{-2} และเดือนที่มีค่ารังสีสูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคมมีค่าความเข้มรังสีประมาณ 190 mW m^{-2}

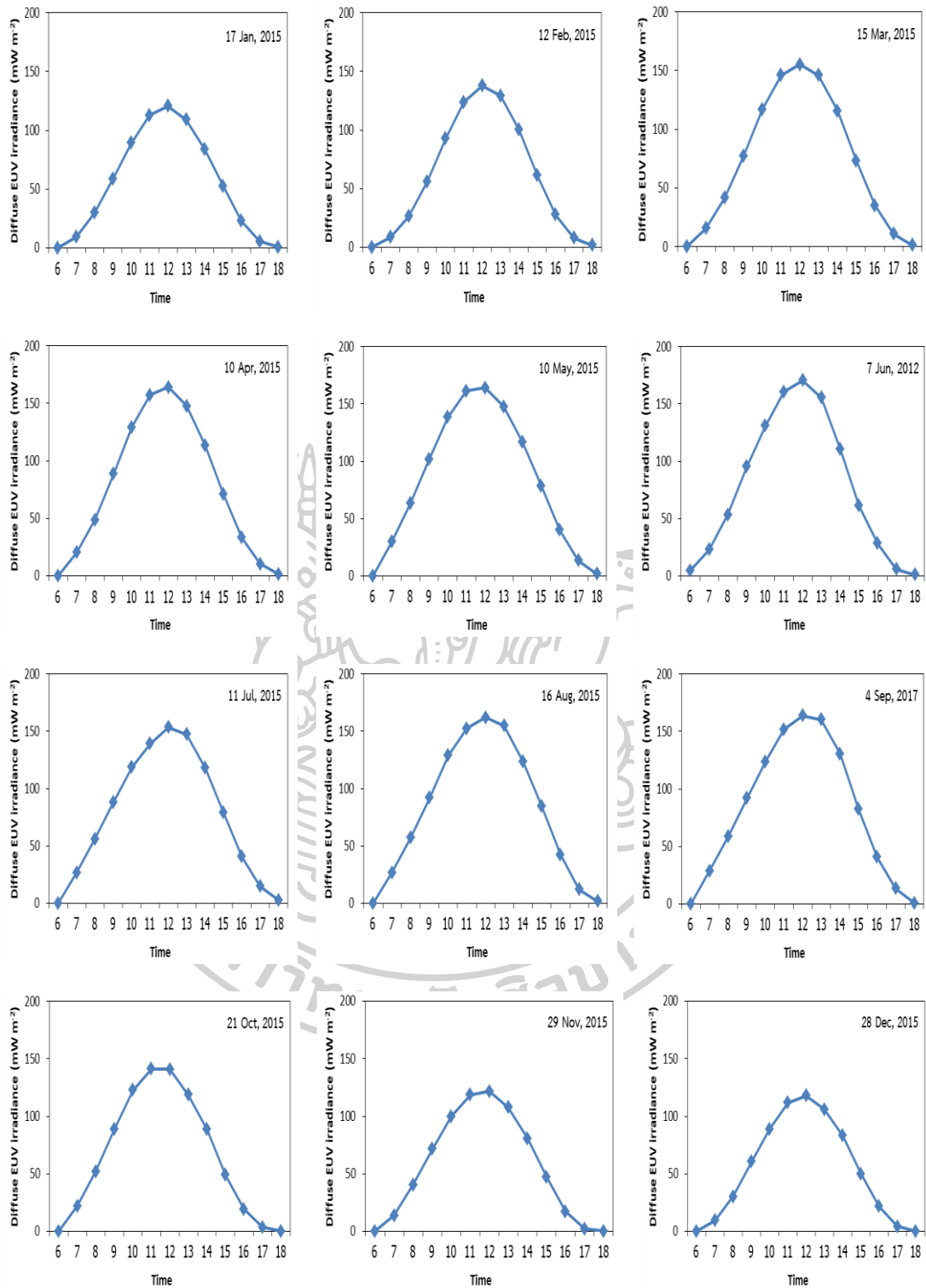


รูปที่ 43 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีเชียงใหม่



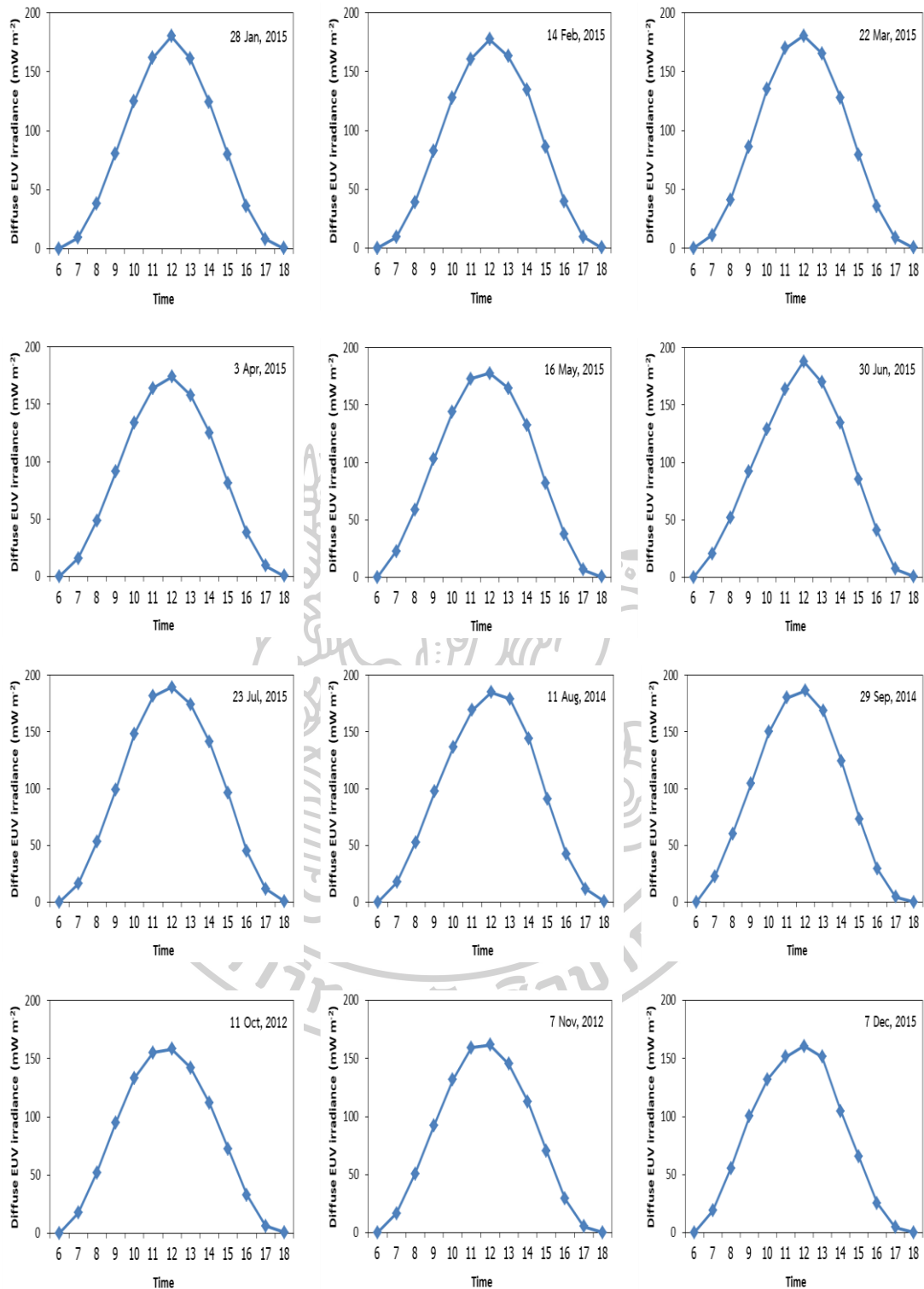
รูปที่ 44 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี

อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 45 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี

อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีสถานีนครปฐม



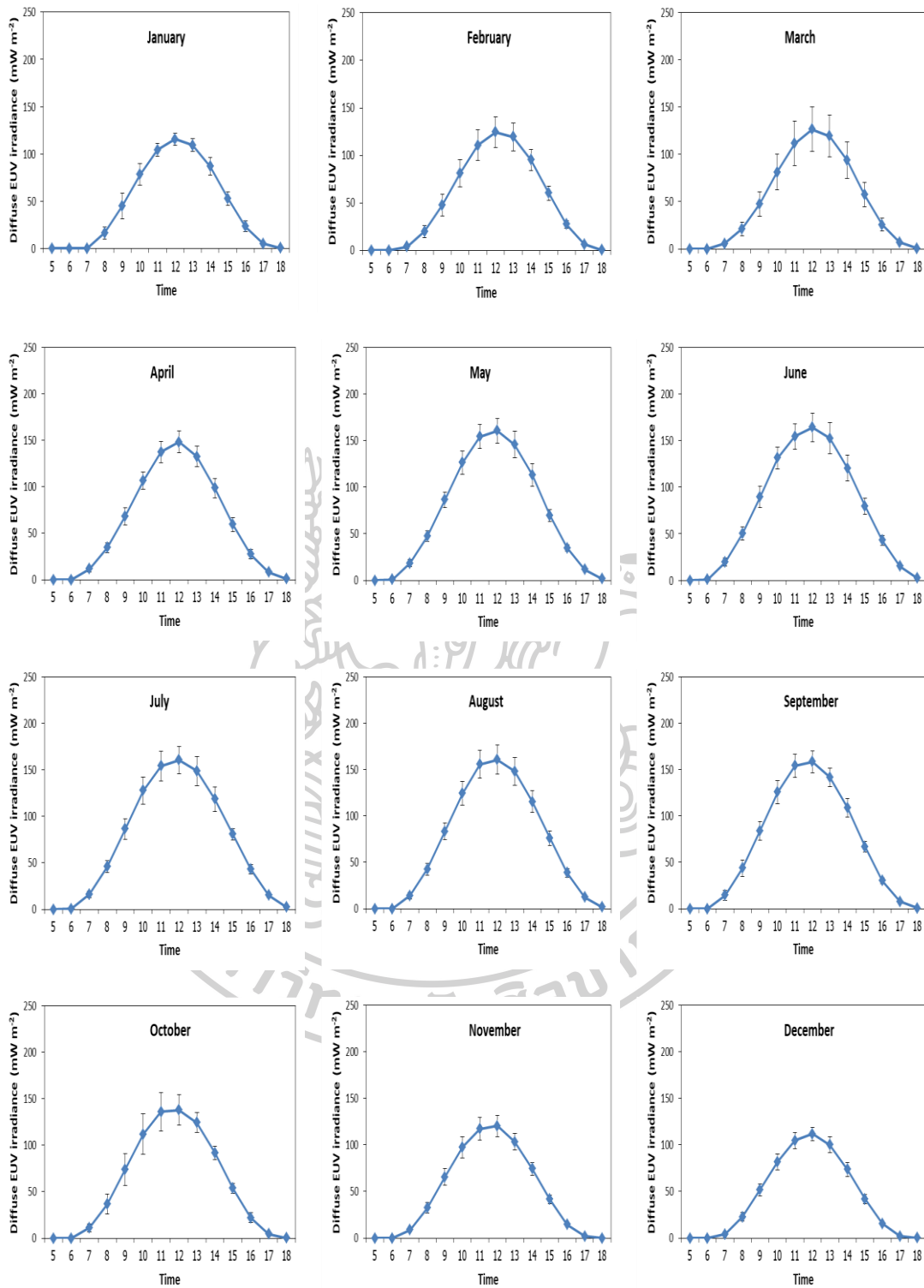
รูปที่ 46 การแปรค่าตามเวลาในรอบวันของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสี

อัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ของสถานีสถานีสงขลา

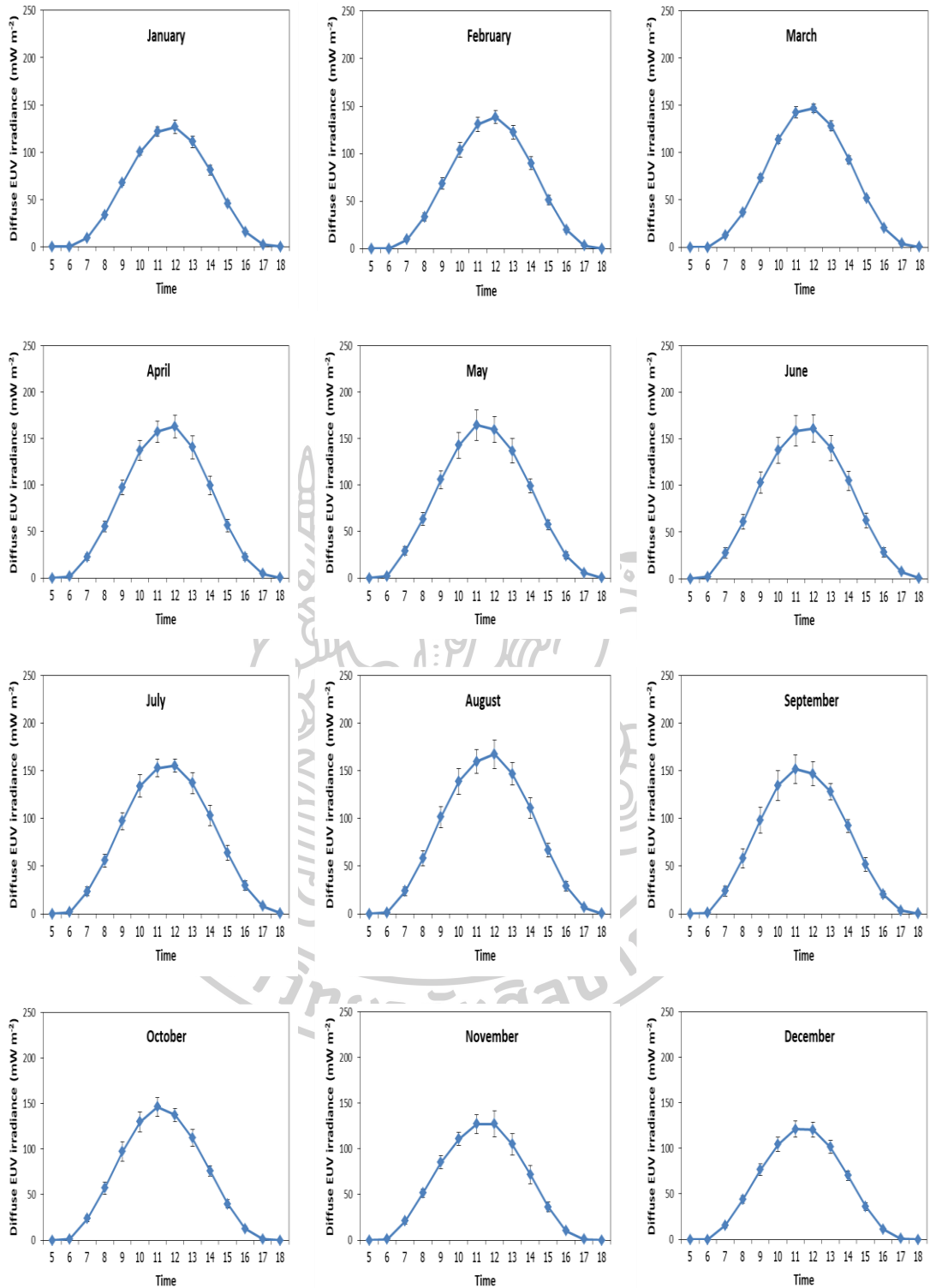
3.5.1.2 กรณีสภาพท้องฟ้าทั่วไป (all sky)

ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ เมื่อผ่านมาถึงพื้นผิวโลกในสภาพท้องฟ้าทั่วไปจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ เวลา ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ปริมาณโอโซนและฝุ่นละออง รวมไปถึงปริมาณเมฆซึ่งเปลี่ยนแปลงตามภูมิภาคและฤดูกาล โดยในบางวันมีปริมาณเมฆมากสามารถลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้มากกว่าวันที่มีปริมาณเมฆน้อย ดังนั้นในการบอกปริมาณความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถบอกได้ด้วยค่าเฉลี่ย ผู้วิจัยจึงนำค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของแต่ละวันมาหาค่ารายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ในช่วงปี 2011-2018 ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 47-50

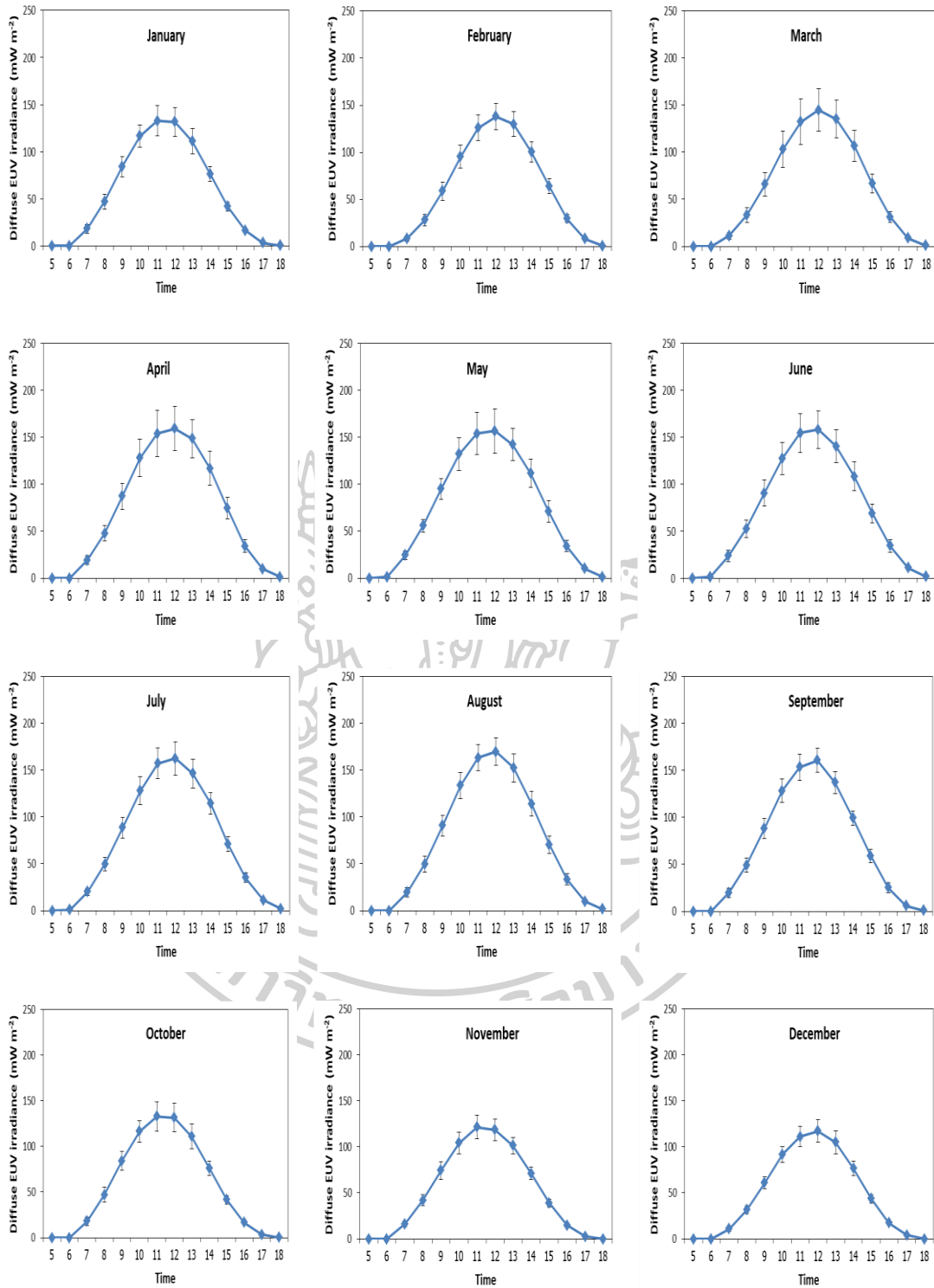
จากกราฟทั้ง 4 สถานี แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเช้าจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเที่ยง จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงช่วงบ่าย โดยลักษณะการแปรค่าของข้อมูลในช่วงเช้าและช่วงบ่ายค่อนข้างสมมาตรกัน เมื่อพิจารณาค่าความเข้มรังสีในแต่ละเดือนพบว่าค่าสูงสุด (peak) ของแต่ละสถานีจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดของสถานีอุบลราชธานี และสถานีนครปฐมอยู่ที่เดือนสิงหาคมมีค่าประมาณ 170 mW m^{-2} และ 168 mW m^{-2} ตามลำดับ ส่วนสถานีเชียงใหม่อยู่ที่เดือนมิถุนายนมีค่าประมาณ 165 mW m^{-2} และสถานีสงขลาอยู่ที่เดือนมีนาคมมีค่าประมาณ 200 mW m^{-2}



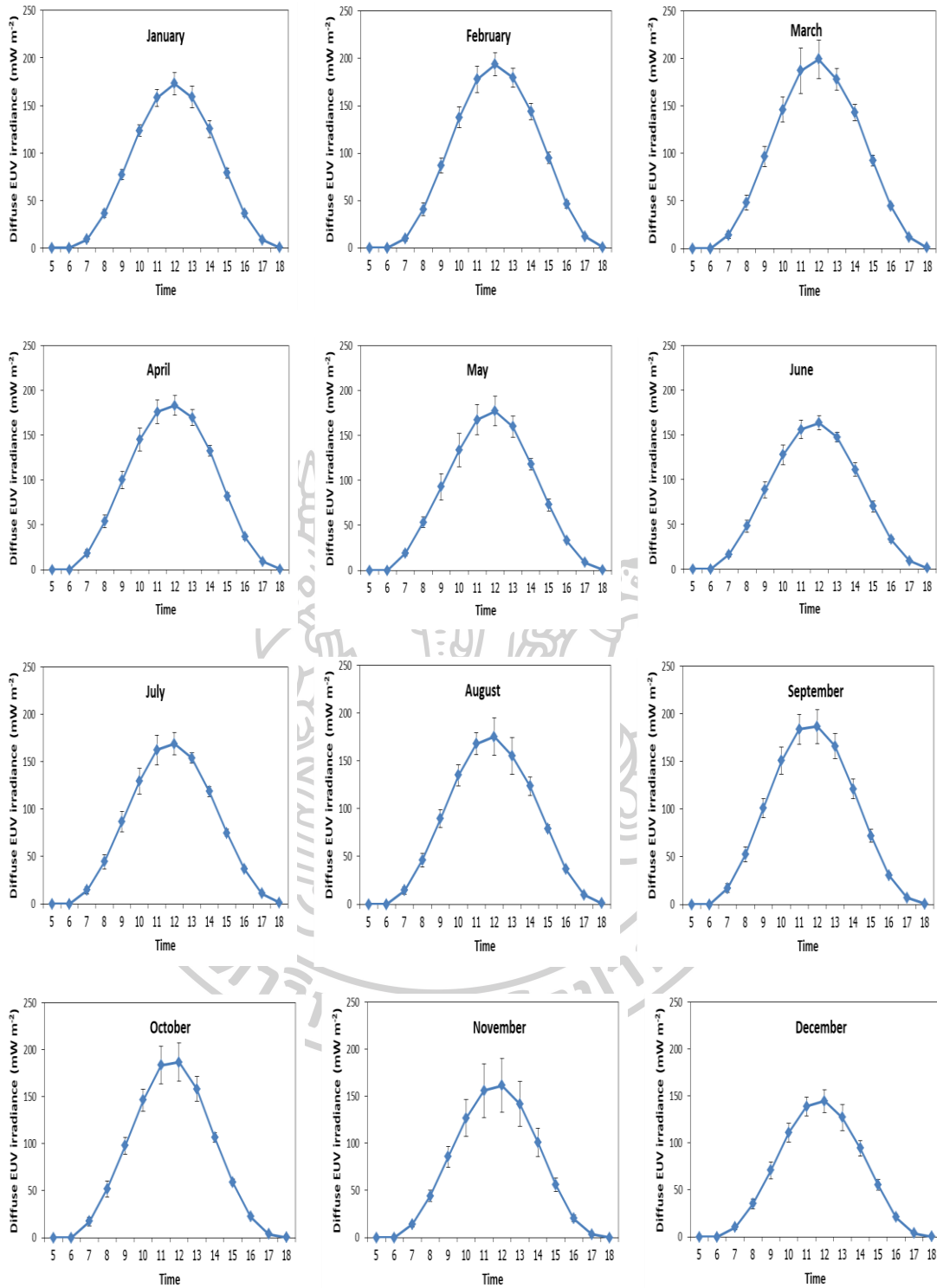
รูปที่ 47 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีเชียงใหม่



รูปที่ 48 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 49 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 50 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนตามเวลาในรอบวัน ของสถานีสงขลา

3.5.2 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปี (seasonal variation) ของความเข้มรังสี

กระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์

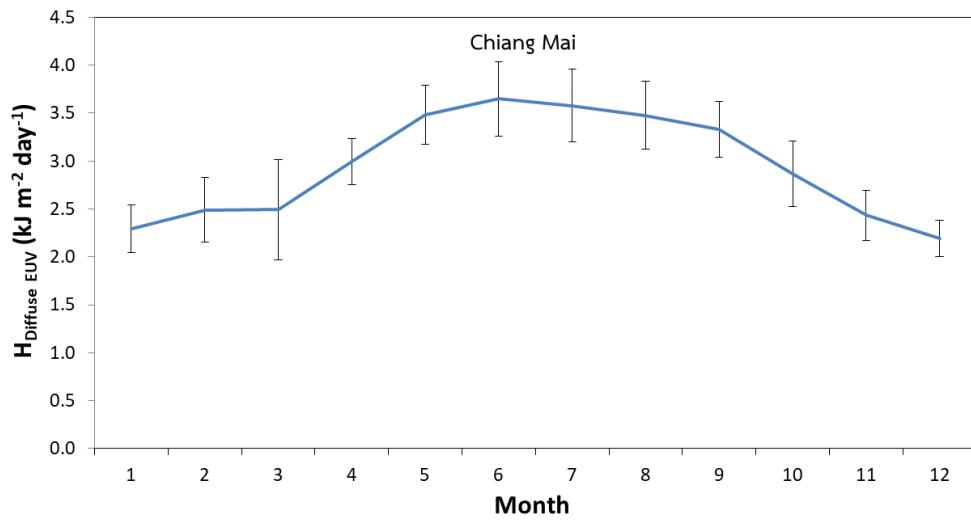
งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนในรูปของพลังงานที่ได้รับ ($\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) จากข้อมูลของแต่ละสถานี จากนั้นนำมาเขียนกราฟกับเวลา พร้อมทั้งแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มดังกล่าว ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 51-54

จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่สถานีเชียงใหม่ ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคมไปถึงค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน ซึ่งมีค่าเท่ากับ $3.65 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ จากนั้นค่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงเดือนสิงหาคม หลังจากเดือนสิงหาคมค่าความเข้มรังสีดังกล่าวจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม โดยความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ได้รับเฉลี่ยทั้งปีมีค่า $2.94 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$

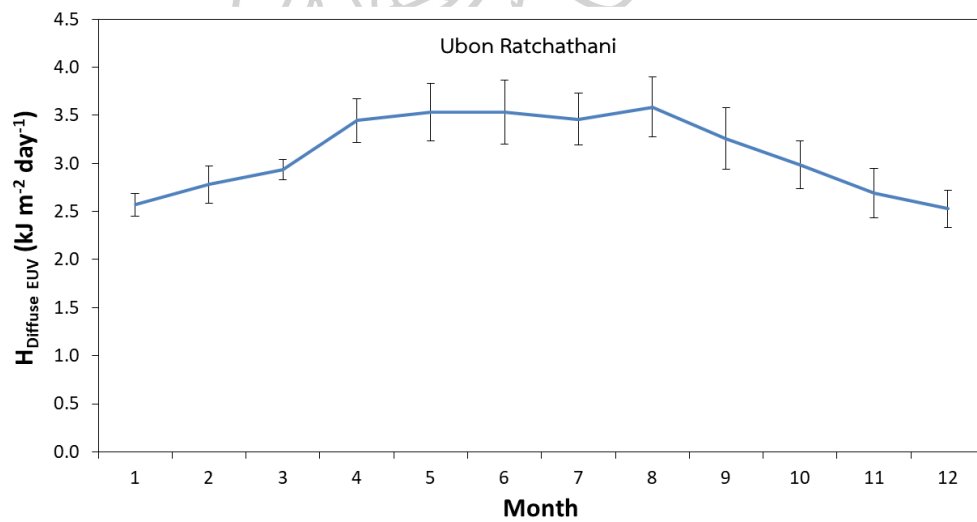
สำหรับสถานีอุบลราชธานี ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคมไปถึงค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $3.53 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ หลังจากนั้นค่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยจนถึงเดือนสิงหาคม แล้วค่าความเข้มรังสีดังกล่าวจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม โดยความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ได้รับเฉลี่ยทั้งปีมีค่า $3.11 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$

กรณีของสถานีนครปฐม ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคมไปถึงค่าสูงสุดในเดือนเมษายน มีค่าเท่ากับ $3.44 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ จากนั้นค่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงเดือนสิงหาคม แล้วจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม โดยความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ได้รับเฉลี่ยทั้งปีมีค่า $3.06 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$

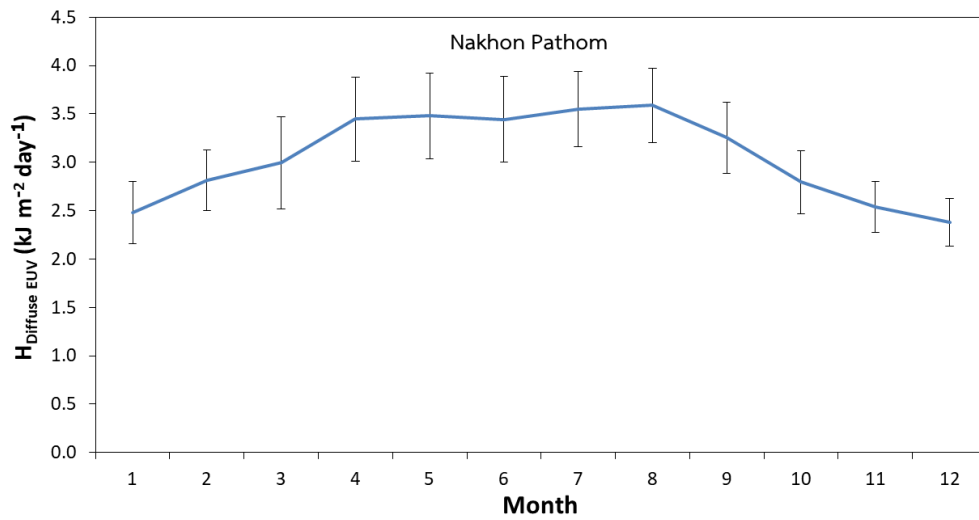
ในส่วน of สถานีสงขลาการแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะแตกต่างไปจาก 3 สถานีก่อนหน้านี้ กล่าวคือ ค่าความเข้มรังสีดังกล่าวจะมีค่าค่อนข้างสูงตั้งแต่ต้นปีเริ่มจากเดือนมกราคมและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ $4.18 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ หลังจากนั้นมีการลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนมิถุนายน และกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนถึงเดือนกันยายน แล้วจะลดลงจนต่ำสุดในเดือนธันวาคม โดยความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่ได้รับเฉลี่ยทั้งปีมีค่า $3.61 \text{ kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$



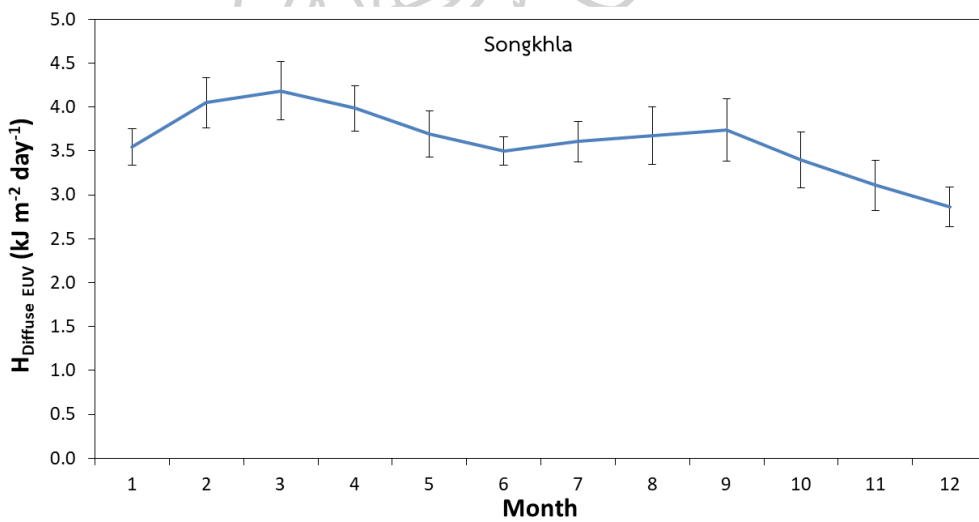
รูปที่ 51 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีเชียงใหม่



รูปที่ 52 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีอุบลราชธานี



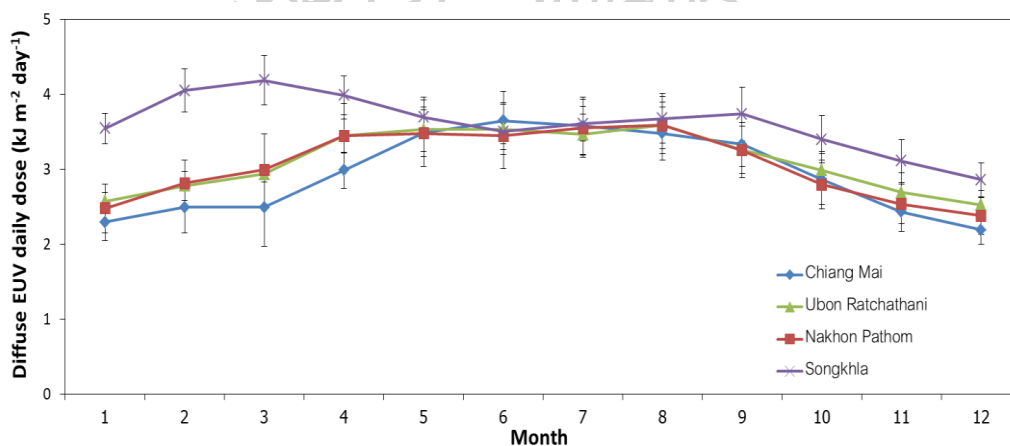
รูปที่ 53 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 54 การแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีสงขลา

จากข้อมูลการแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ตามฤดูกาลในรอบปีของทั้ง 4 สถานี ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาเขียนกราฟพร้อมทั้ง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 55

จากกราฟจะเห็นว่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีการแปรค่าในลักษณะเดียวกัน คือ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2.0 - 3.5 $\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน เป็นผลมาจากมุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่าลดลง จากนั้นจะเข้าสู่ช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) ถึงแม้ในช่วงดังกล่าว มุมเซนธิ์ของดวงอาทิตย์จะมีค่าต่ำแต่มีปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้ามากทำให้ค่ารังสีกระจายของทั้ง 3 สถานีค่อนข้างคงที่ (3.5 $\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) และจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงเดือนธันวาคม เนื่องจากมุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับสถานีสงขลาจะมีการแปรค่ารังสีกระจายแตกต่างจาก สถานีอื่นเล็กน้อย โดยมีค่าค่อนข้างสูงตั้งแต่เดือนมกราคม (3.5 $\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) และเพิ่มขึ้นจนถึงเดือน มีนาคม (4.2 $\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) จากนั้นจะลดลงจนถึงเดือนมิถุนายนและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงเดือน กันยายน (3.7 $\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$) แล้วกลับมาลดลงจนถึงเดือนธันวาคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ ดวงอาทิตย์ในรอบปี

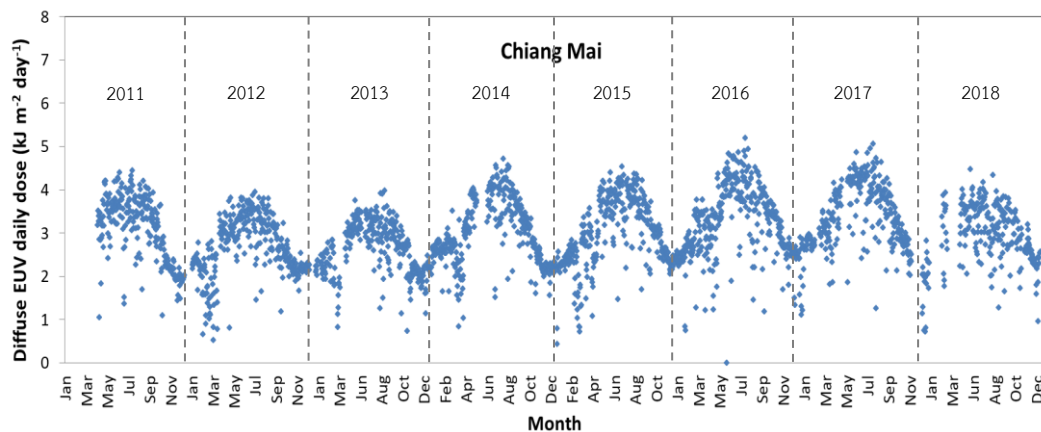


รูปที่ 55 การเปรียบเทียบการแปรค่าตามฤดูกาลในรอบปีของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา

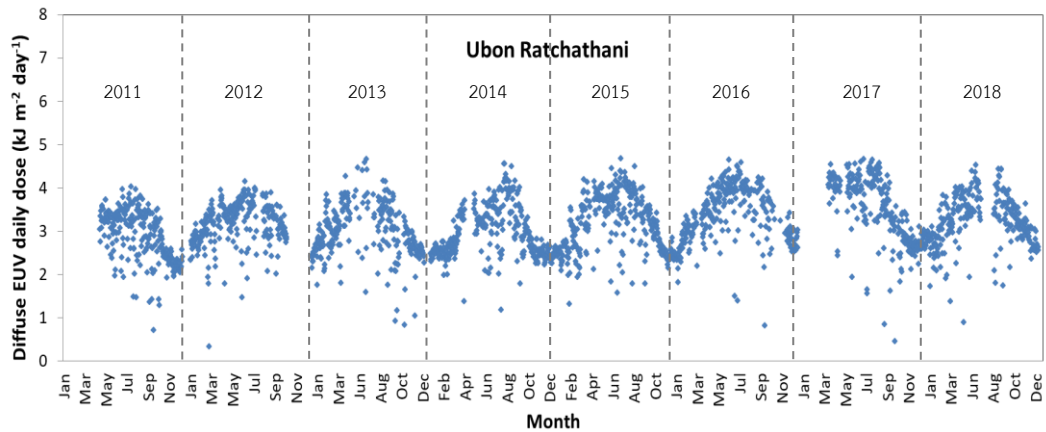
3.5.3 การเปลี่ยนแปลงค่าจากปีหนึ่งไปยังอีกปีหนึ่ง (inter-annual variation) ของ ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์

โดยทั่วไปค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงจากปีหนึ่งไปยังอีกปีหนึ่งอีกด้วย งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยการนำค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ มาเขียนกราฟกับเวลา ดังแสดงในรูปที่ 56-59

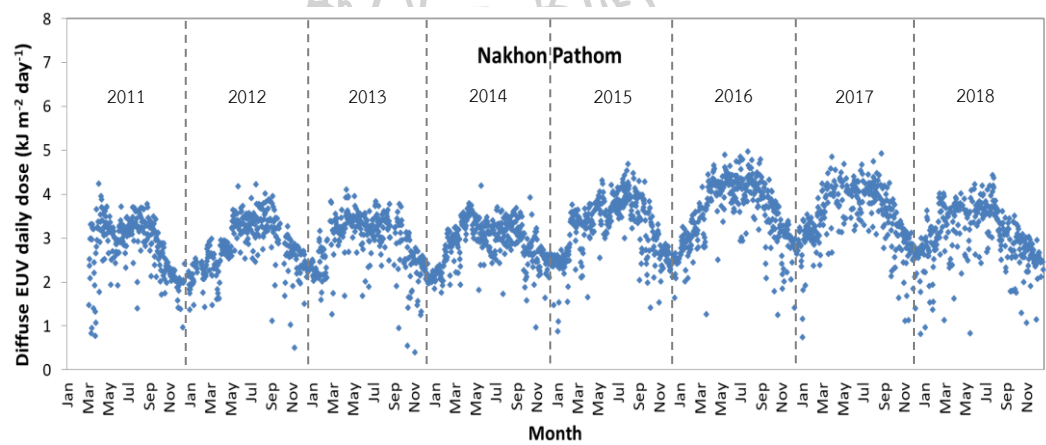
จากการแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันในปีต่าง ๆ ของทั้ง 4 สถานี ในช่วงเวลา 8 ปี (2011-2018) จะเห็นได้ว่าในทุกสถานีค่าความเข้มรังสีดังกล่าวมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 60 ซึ่งการเพิ่มขึ้นแสดงในรูปของความชันจากกราฟของแต่ละสถานีได้ดังนี้ สถานีเชียงใหม่ $0.05 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ต่อปี อุบลราชธานี $0.06 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ต่อปี นครปฐม $0.09 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ต่อปี และสงขลา $0.04 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ต่อปี ดังนั้นเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและต่อเนื่องจึงควรต้องดำเนินการเก็บข้อมูลต่อไป



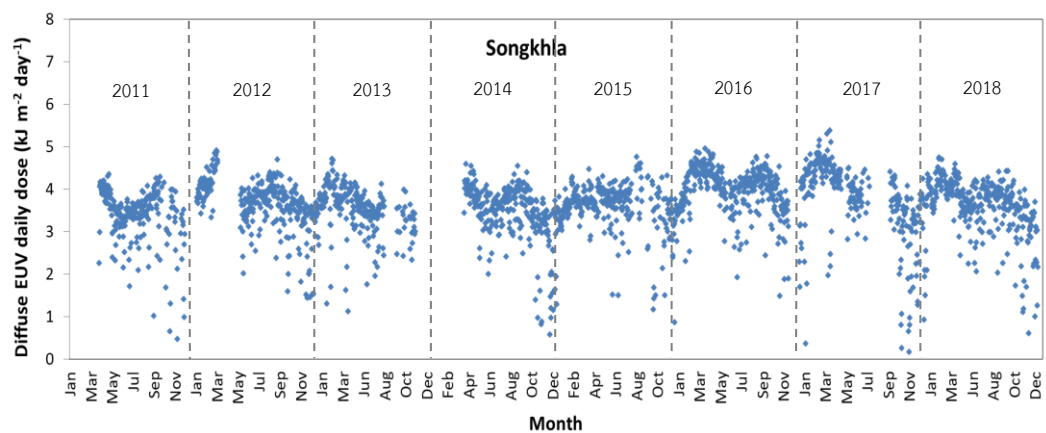
รูปที่ 56 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนัง มนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีเชียงใหม่



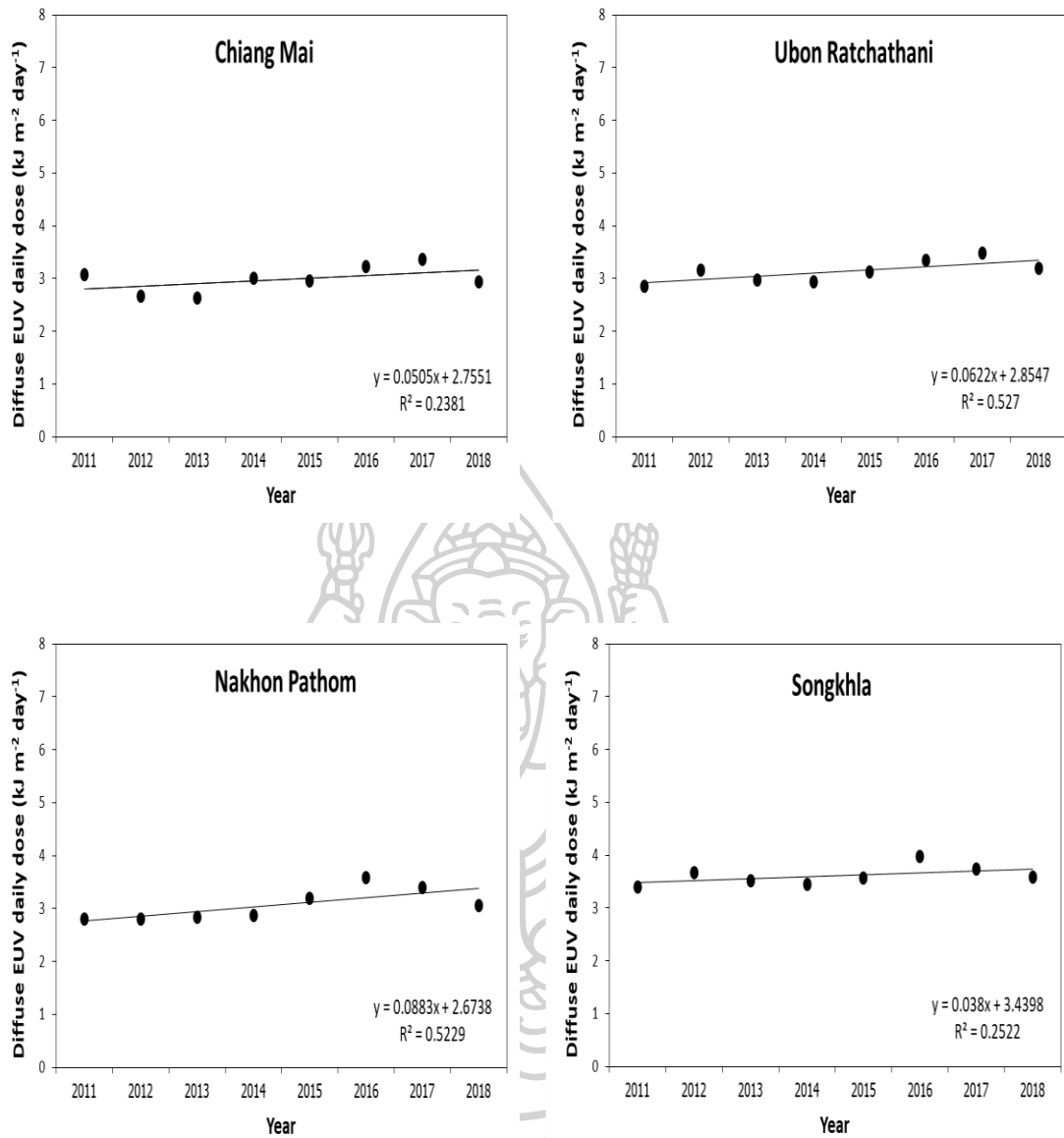
รูปที่ 57 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 58 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 59 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันตามปีต่าง ๆ ของสถานีสงขลา



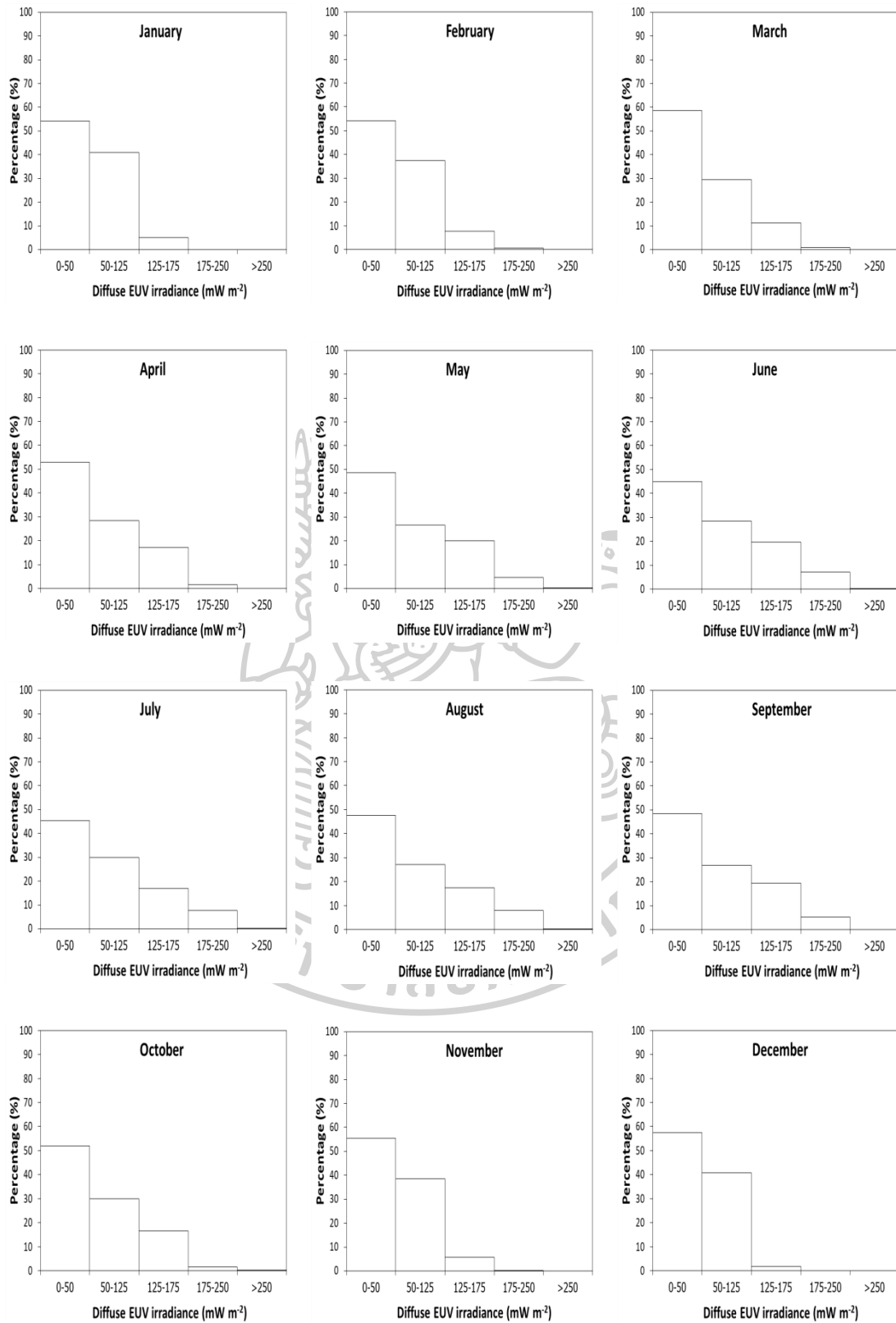
รูปที่ 60 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันตลอดทั้งปีของสถานีต่าง ๆ

3.5.4 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง

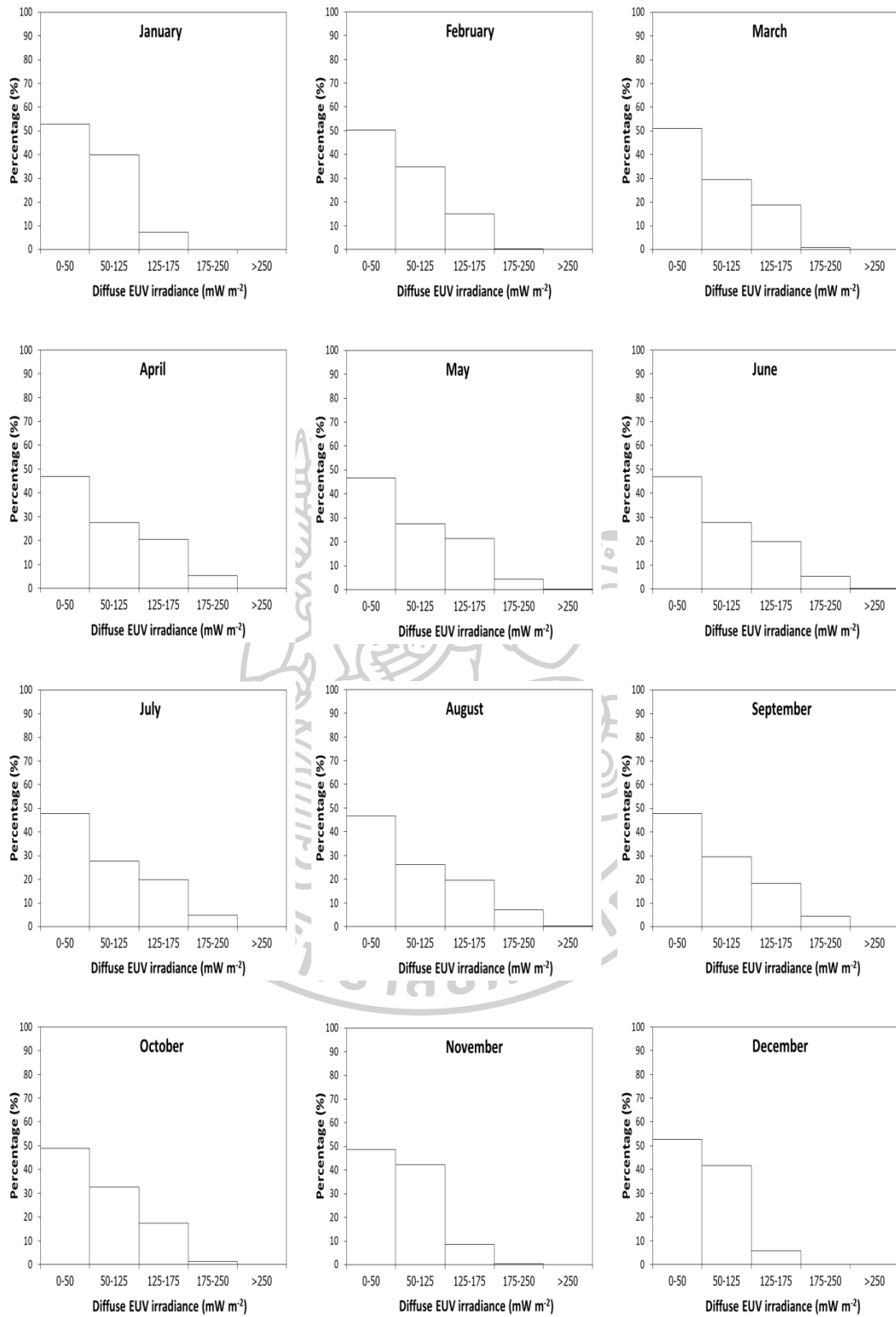
กรณีวันที่สภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวัน (diurnal variation) กล่าวคือ ค่าความเข้มรังสีดังกล่าวจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเที่ยง และจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงช่วงบ่าย ส่วนกรณีสภาพท้องฟ้าทั่วไปการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะได้รับอิทธิพลของเมฆเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ความเข้มรังสีกระจายมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับความเข้มรังสีตรง ข้อมูลความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในสภาพท้องฟ้าทั่วไปนั้นมีความสำคัญเพราะเป็นข้อมูลของสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่

ผู้วิจัยนำข้อมูลค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงทำการแจกแจงข้อมูลเป็นเปอร์เซ็นต์ของระดับความเข้มต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญทำให้ทราบความน่าจะเป็น (probability) ที่จะได้รับรังสีกระจายในระดับต่าง ๆ ตามสถานที่และเดือนต่าง ๆ ในรอบปี ผลที่ได้จัดแสดงในรูปที่ 61-64 พร้อมทั้งแสดงข้อมูลดังตารางที่ 4-7 และทำการสรุปเป็นเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลรายชั่วโมงที่ความเข้มระดับต่าง ๆ ตลอดทั้งปีดังแสดงในรูปที่ 65 นอกจากนี้ยังแบ่งช่วงเวลาของการแจกแจงออกเป็นช่วงเช้า (5:00-12:00) และช่วงบ่าย (12:00-19:00) ดังแสดงในรูปที่ 66-69 และสรุปผลดังแสดงในตารางที่ 10-13

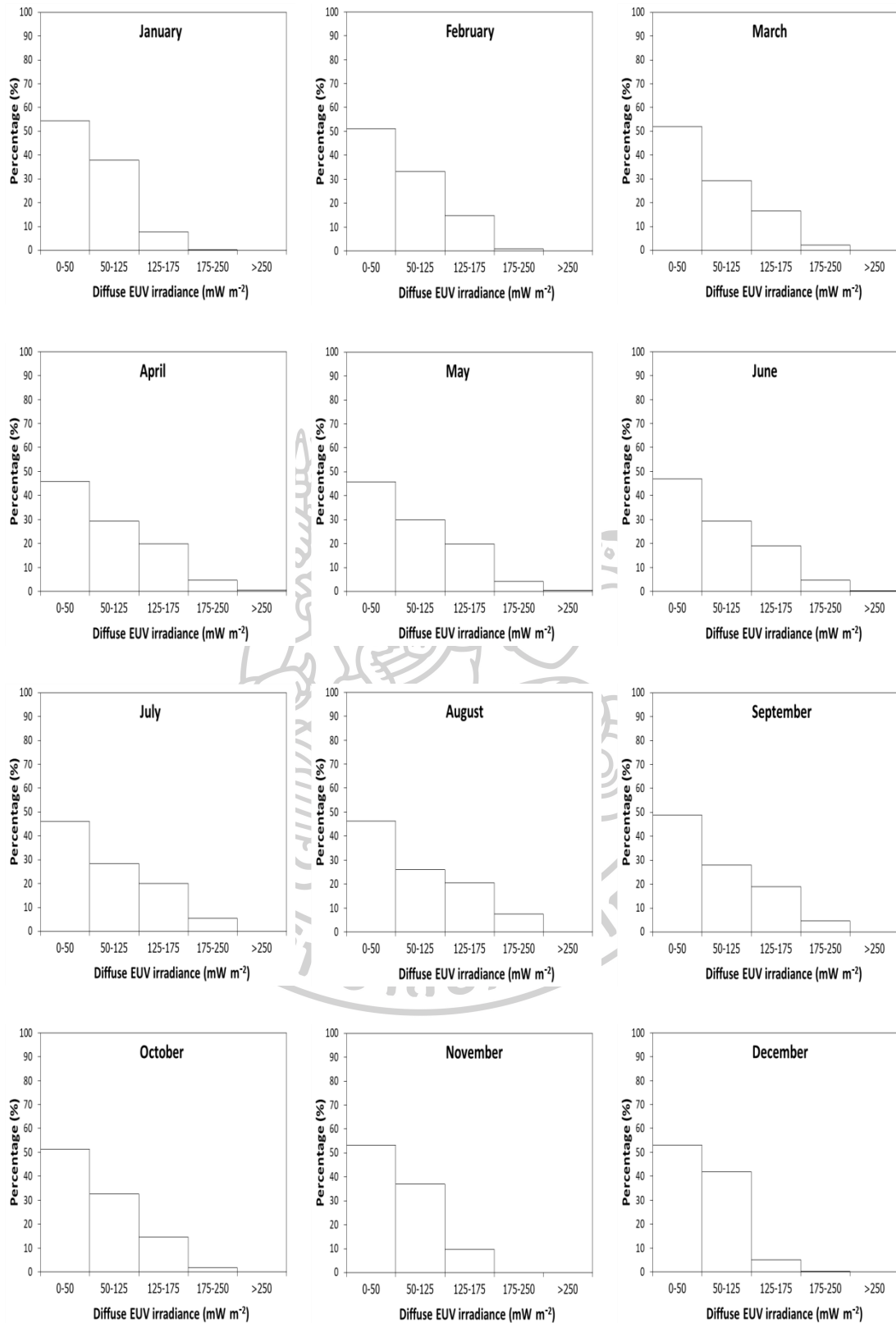
จากกราฟข้อมูลของทั้ง 4 สถานี จะเห็นว่าข้อมูลของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีลักษณะเดียวกันคือที่ความเข้ม $0-125 \text{ mW m}^{-2}$ มีค่าประมาณ 80% และที่ความเข้มมากกว่า 125 mW m^{-2} มีค่าประมาณ 20% ส่วนของสถานีสงขลานั้นแตกต่างออกไป นั่นคือ ที่ความเข้ม $0-125 \text{ mW m}^{-2}$ มีค่าประมาณ 70% และที่ความเข้มมากกว่า 125 mW m^{-2} มีค่าประมาณ 30% แสดงให้เห็นว่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีสงขลามีค่าสูงกว่าอีก 3 สถานี ส่วนการแบ่งช่วงเวลาของการแจกแจงออกเป็นช่วงเช้า (5:00-12:00) และช่วงบ่าย (12:00-19:00) มีลักษณะเดียวกันทั้ง 4 สถานี คือกรณีช่วงเช้าที่ความเข้ม $0-125 \text{ mW m}^{-2}$ มีค่าประมาณ 74% และที่ความเข้มมากกว่า 125 mW m^{-2} มีค่าประมาณ 26% ส่วนช่วงบ่ายที่ความเข้ม $0-125 \text{ mW m}^{-2}$ มีค่าประมาณ 85% และที่ความเข้มมากกว่า 125 mW m^{-2} มีค่าประมาณ 15% แสดงว่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในช่วงเช้ามีโอกาสได้รับรังสีกระจายที่มีค่าสูงมากกว่าช่วงบ่าย ซึ่งอาจเกิดจากช่วงเช้ามีปริมาณเมฆน้อยกว่าช่วงบ่าย รวมถึงเส้นทางการเดินทางของรังสีอาทิตย์ด้วย



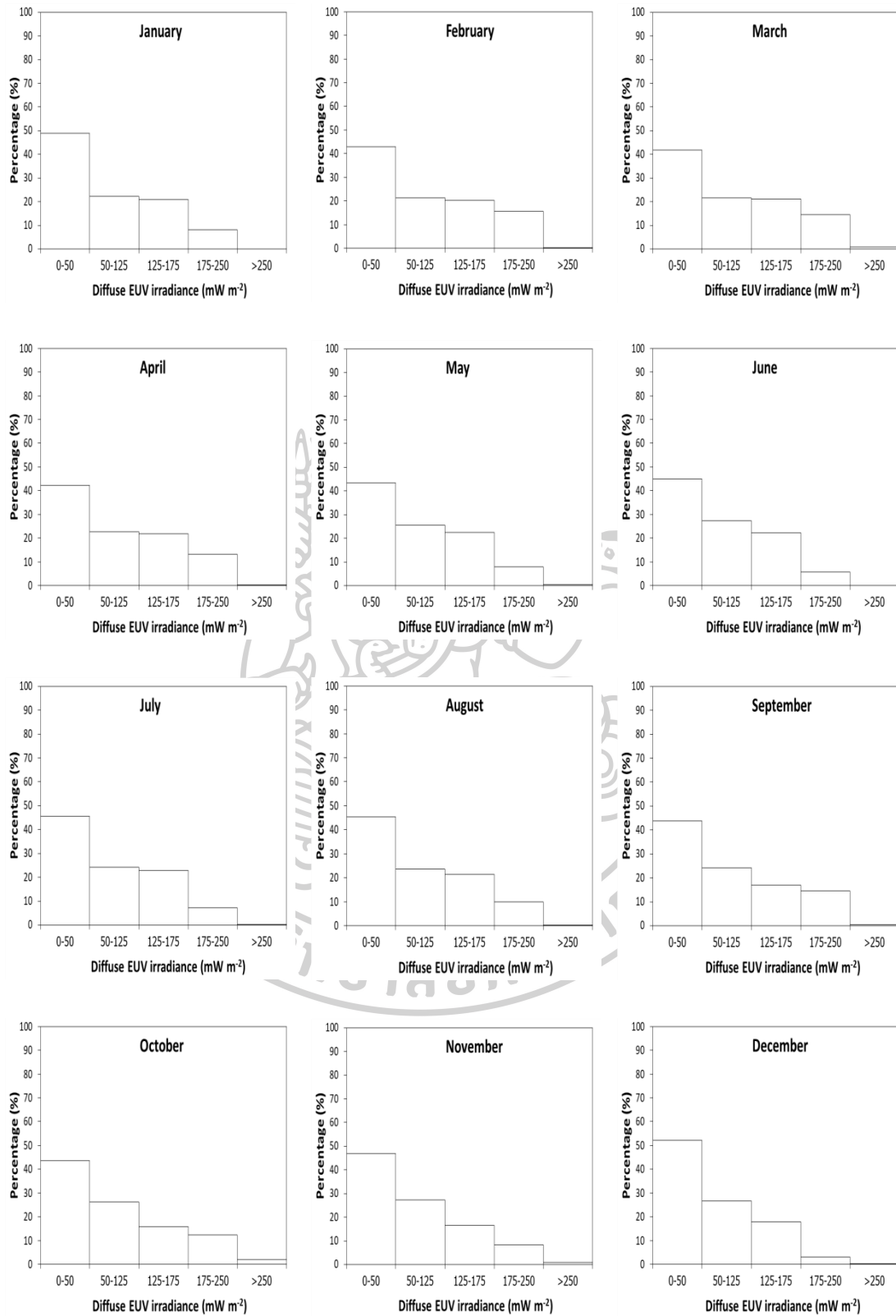
รูปที่ 61 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงในเดือนต่าง ๆ ของสถานีเชียงใหม่



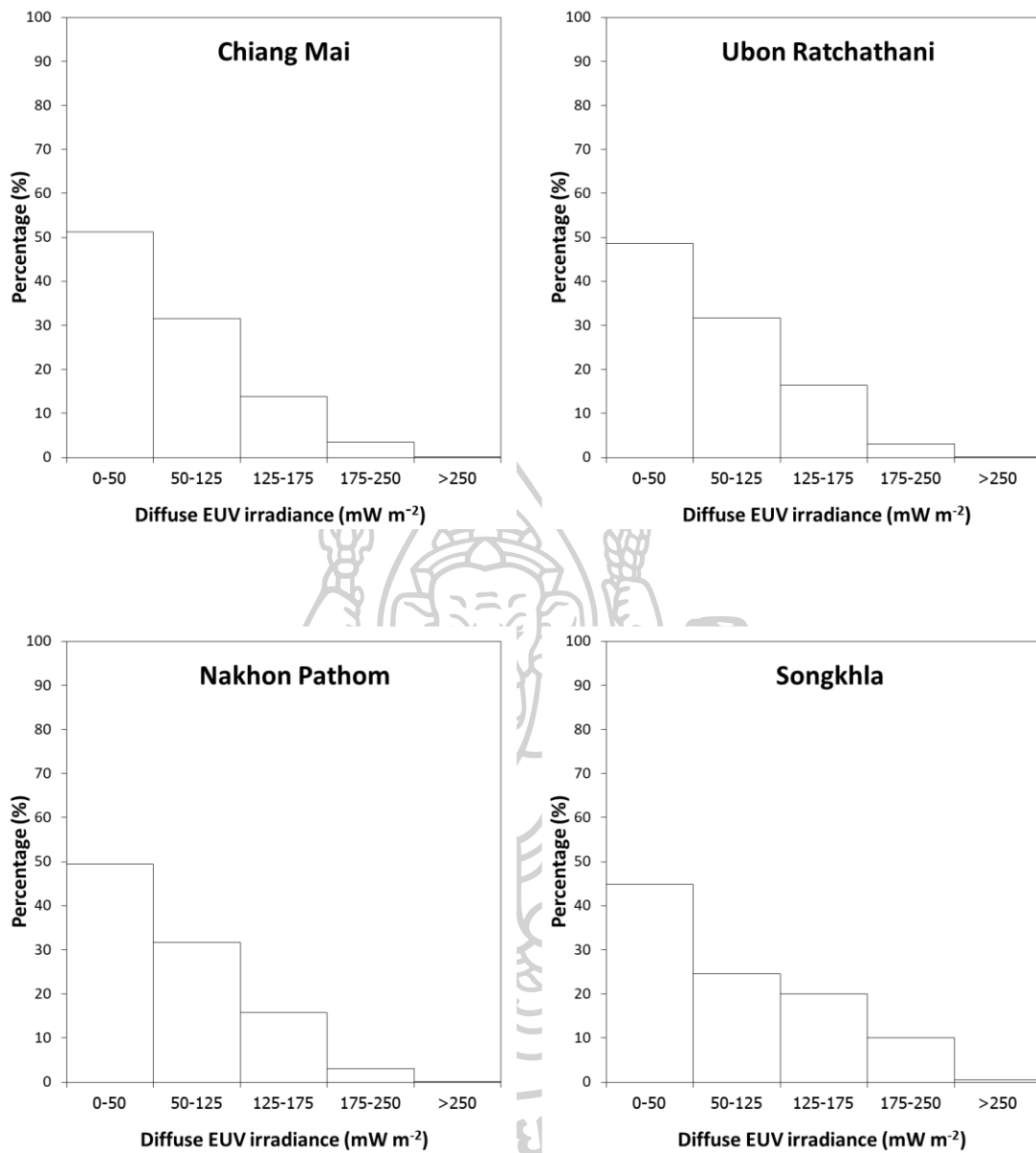
รูปที่ 62 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงในเดือนต่าง ๆ ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 63 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงในเดือนต่าง ๆ ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 64 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงในเดือนต่าง ๆ ของสถานีสงขลา



รูปที่ 65 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงตลอดทั้งปีของสถานีต่าง ๆ

ตารางที่ 4 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีเชียงใหม่

Month	Percentage of number of hours (Chiang Mai)%				
	0-50 mW m ⁻²	50-125 mW m ⁻²	125-175 mW m ⁻²	175-250 mW m ⁻²	>250 mW m ⁻²
January	54.1	40.9	5.0	0.0	0.0
February	54.1	37.5	7.8	0.6	0.0
March	58.5	29.6	11.1	0.8	0.0
April	52.9	28.3	17.2	1.6	0.0
May	48.7	26.5	20.1	4.6	0.0
June	45.0	28.4	19.5	7.0	0.1
July	45.3	29.9	17.0	7.7	0.1
August	47.6	27.1	17.4	7.8	0.1
September	48.5	26.8	19.4	5.3	0.0
October	52.0	29.9	16.5	1.5	0.0
November	55.6	38.5	5.7	0.2	0.0
December	57.5	40.8	1.7	0.0	0.0
Average	51.7	32.0	13.2	3.1	0.0

ตารางที่ 5 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีอุบลราชธานี

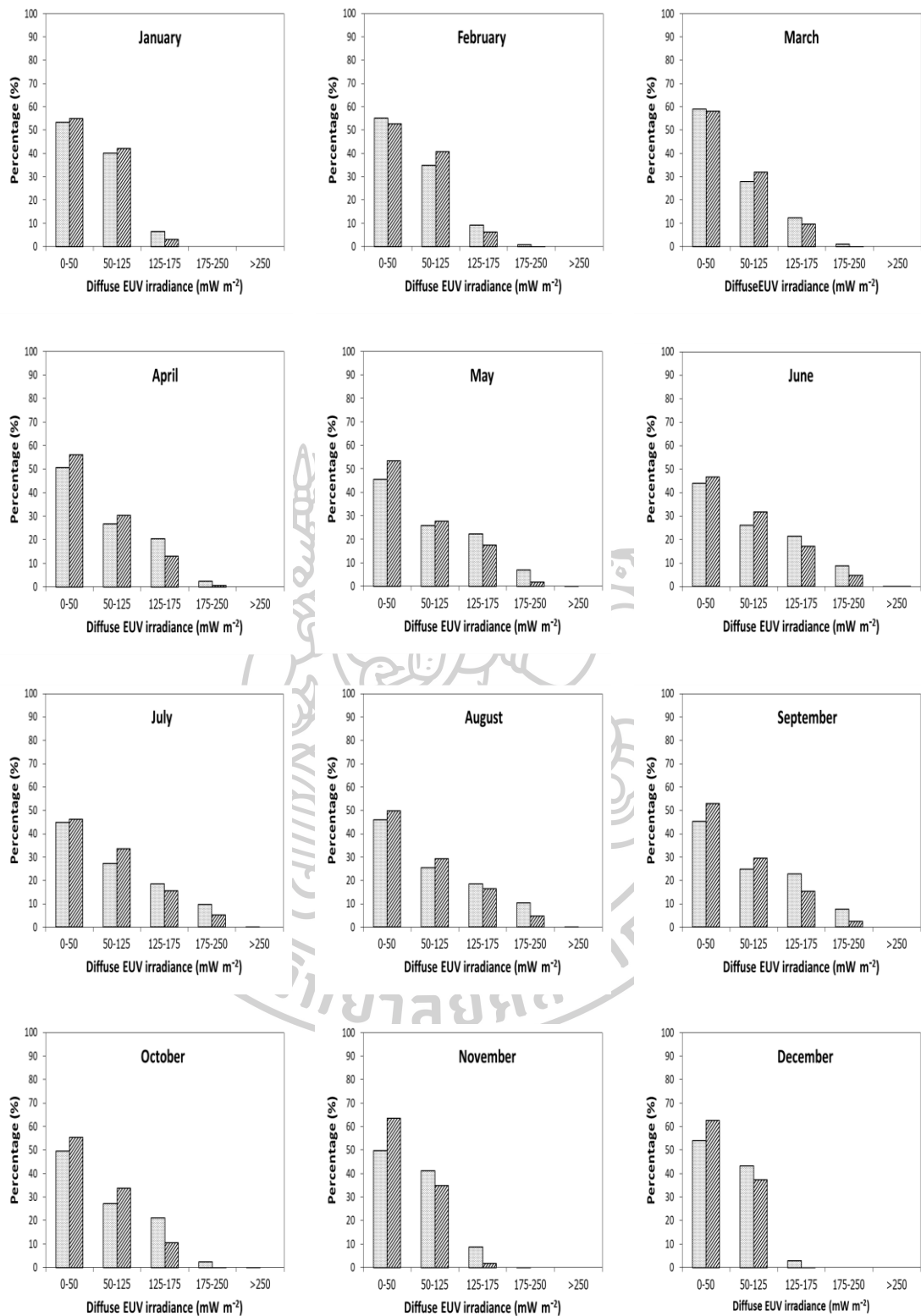
Month	Percentage of number of hours (Ubon Ratchathani)%				
	0-50 mW m ⁻²	50-125 mW m ⁻²	125-175 mW m ⁻²	175-250 mW m ⁻²	>250 mW m ⁻²
January	52.8	39.9	7.3	0.0	0.0
February	50.1	34.9	14.9	0.1	0.0
March	51.0	29.4	18.7	0.9	0.0
April	46.9	27.5	20.4	5.2	0.0
May	46.8	27.4	21.3	4.4	0.1
June	46.9	27.7	19.9	5.3	0.2
July	47.8	27.6	19.8	4.7	0.0
August	46.7	26.2	19.7	7.1	0.2
September	47.8	29.4	18.3	4.5	0.0
October	48.9	32.6	17.3	1.2	0.0
November	48.7	42.3	8.6	0.3	0.0
December	52.7	41.7	5.6	0.0	0.0
Average	48.9	32.2	16.0	2.8	0.0

ตารางที่ 6 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีนครปฐม

Month	Percentage of number of hours (Nakhon Pathom)%				
	0-50 mW m ⁻²	50-125 mW m ⁻²	125-175 mW m ⁻²	175-250 mW m ⁻²	>250 mW m ⁻²
January	54.3	37.8	7.7	0.2	0.0
February	51.5	33.2	14.8	0.9	0.0
March	52.0	29.3	16.6	2.1	0.0
April	45.8	29.3	19.9	4.6	0.5
May	45.7	29.8	19.8	4.2	0.4
June	46.9	29.3	19.0	4.6	0.3
July	46.1	28.3	20.1	5.5	0.0
August	46.2	26.0	20.4	7.4	0.0
September	48.8	27.8	18.8	4.5	0.0
October	51.2	32.7	14.5	1.6	0.0
November	53.4	37.0	9.6	0.0	0.0
December	53.1	41.7	5.1	0.1	0.0
Average	49.6	31.9	15.5	3.0	0.1

ตารางที่ 7 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมงของสถานีสงขลา

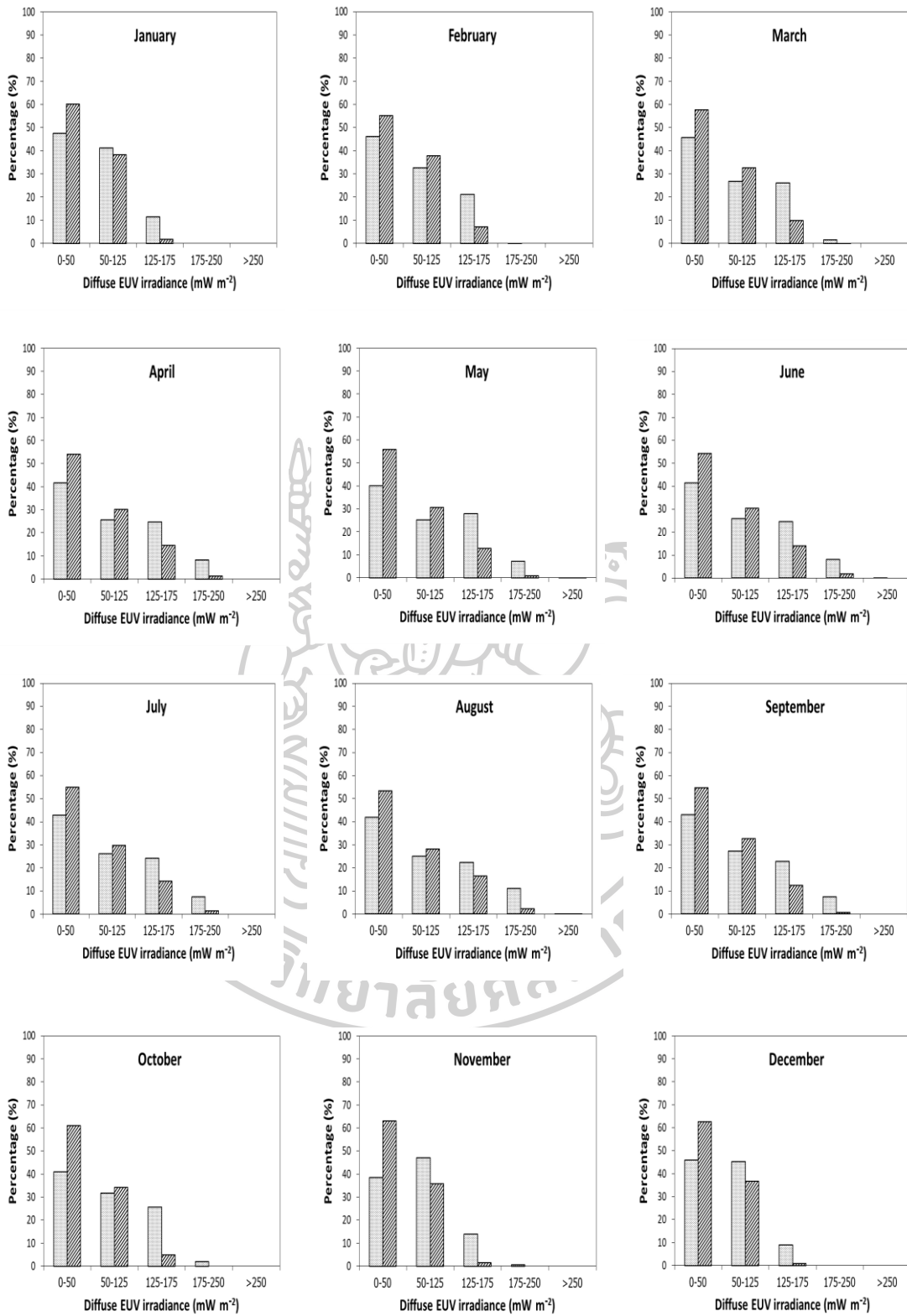
Month	Percentage of number of hours (Songkhla)%				
	0-50 mW m ⁻²	50-125 mW m ⁻²	125-175 mW m ⁻²	175-250 mW m ⁻²	>250 mW m ⁻²
January	48.8	22.1	20.9	8.1	0.0
February	42.8	21.3	20.2	15.6	0.1
March	41.7	21.7	21.1	14.5	0.9
April	42.2	22.7	12.8	13.2	0.1
May	43.4	25.6	22.5	0.8	0.5
June	44.8	27.2	22.2	5.7	0.0
July	45.5	24.2	22.9	7.1	0.3
August	45.2	23.6	21.3	9.8	0.0
September	43.8	24.2	16.9	14.6	0.5
October	43.5	26.2	15.9	12.3	2.0
November	46.9	27.3	16.6	8.3	0.9
December	52.3	26.7	17.9	3.1	0.1
Average	45.1	24.4	19.3	9.4	0.5



รูปที่ 66 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีเชียงใหม่

▨ ช่วงเช้า (5:00-12:00)

▨ ช่วงบ่าย (12:00-19:00)



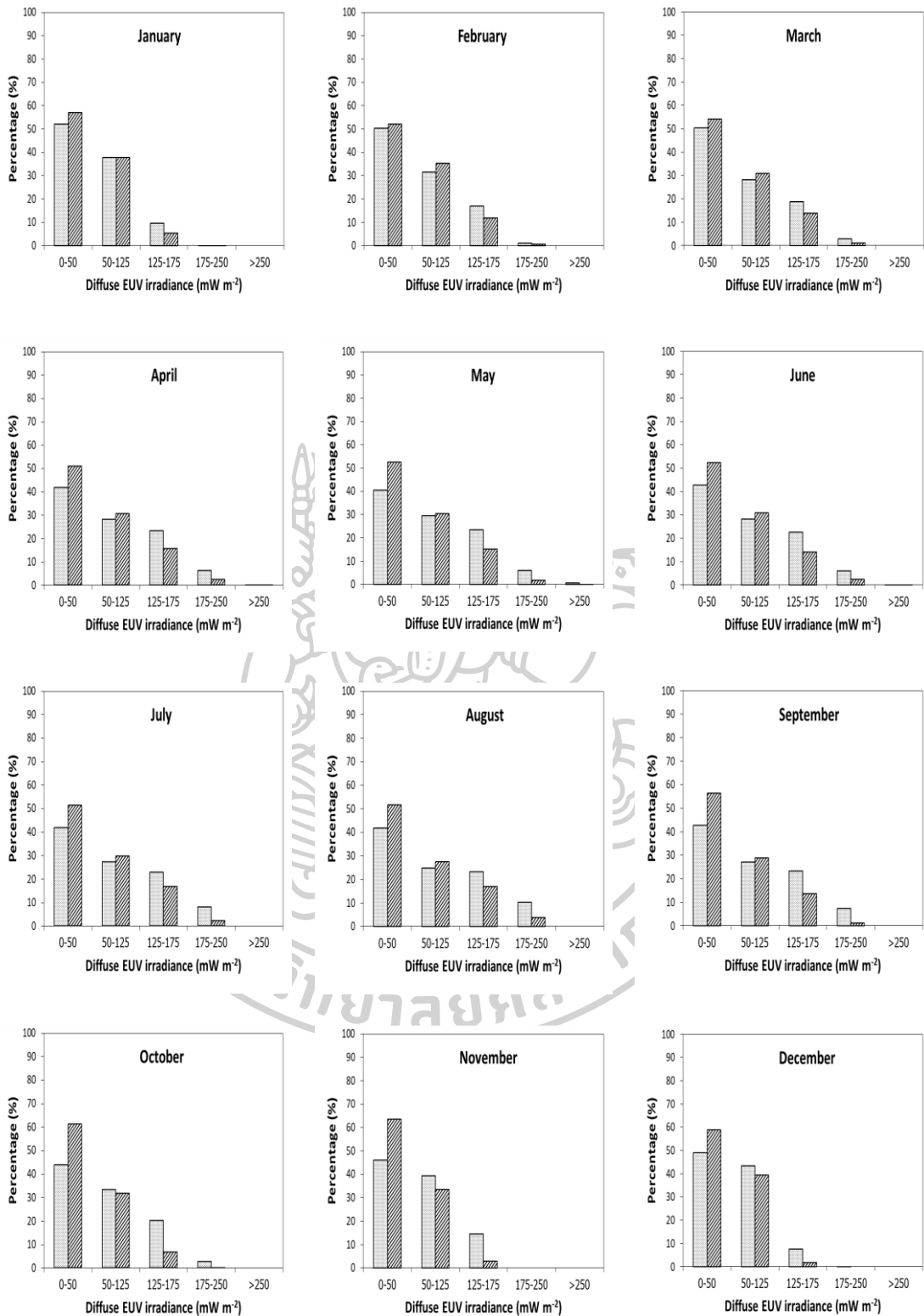
รูปที่ 67 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) สถานีอุบลราชธานี



ช่วงเช้า (5:00-12:00)



ช่วงบ่าย (12:00-19:00)



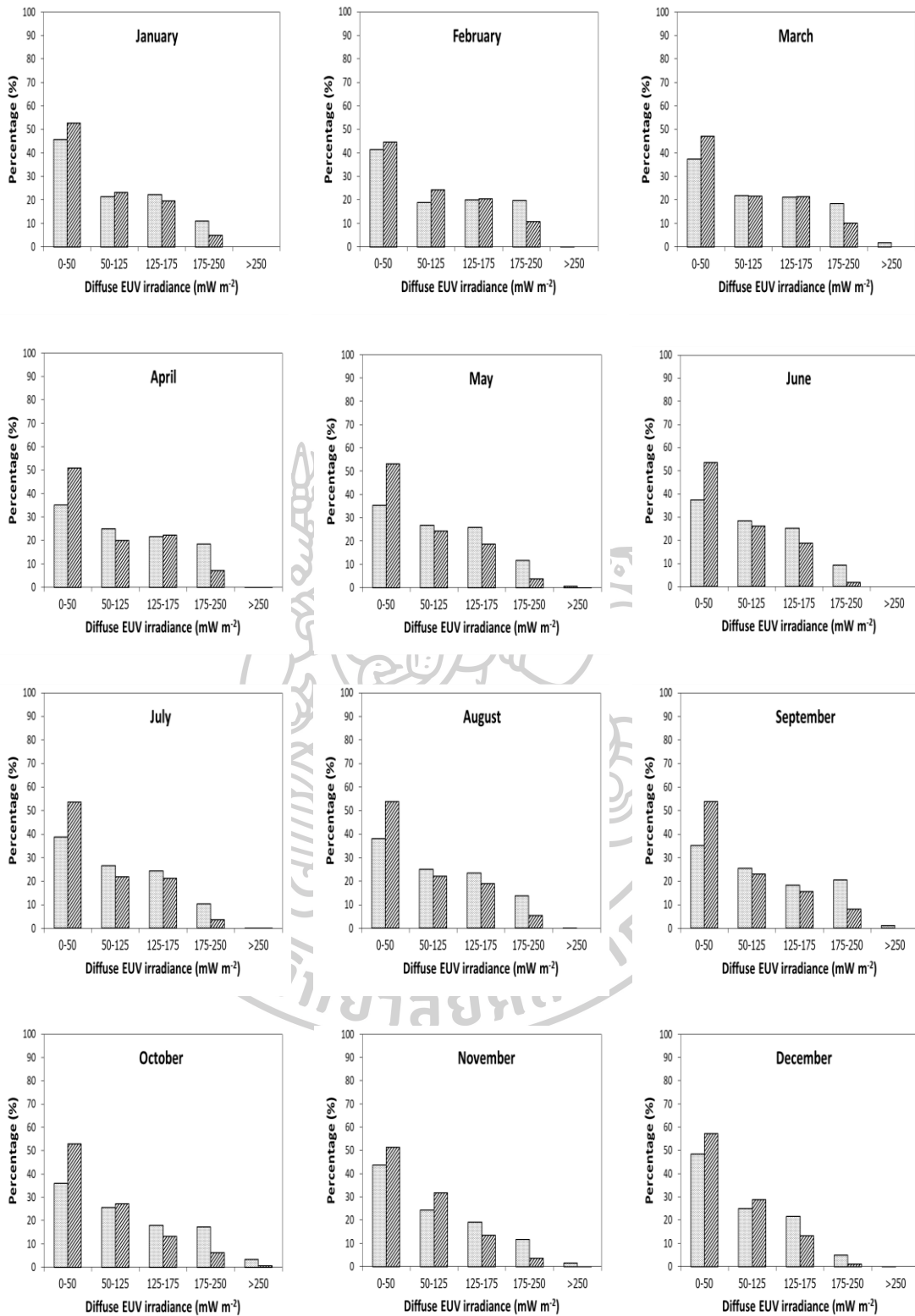
รูปที่ 68 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีนครปฐม



ช่วงเช้า (5:00-12:00)



ช่วงบ่าย (12:00-19:00)



รูปที่ 69 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง (ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีสงขลา

ช่วงเช้า (5:00-12:00)

ช่วงบ่าย (12:00-19:00)

ตารางที่ 8 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง
(ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีเชียงใหม่

Month	Percentage of number of hours (Chiang Mai)%											
	0-50 mW m ⁻²		50-125 mW m ⁻²		125-175 mW m ⁻²		175-250 mW m ⁻²		>250 mW m ⁻²			
	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon
January	53.4	55.0	40.1	41.9	6.5	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
February	55.2	52.8	34.9	40.7	9.0	6.2	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
March	58.9	58.1	27.8	31.8	12.3	9.6	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
April	50.5	56.0	26.7	30.4	20.4	13.0	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
May	45.3	53.3	25.7	27.6	22.1	17.4	6.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0
June	43.8	46.6	26.0	31.6	21.3	17.0	8.7	4.7	0.1	0.1	0.1	0.1
July	44.8	46.1	27.1	33.5	18.3	15.3	9.6	5.1	0.2	0.0	0.0	0.0
August	45.9	49.8	25.4	29.3	18.3	16.3	10.3	4.6	0.1	0.0	0.0	0.0
September	45.1	52.9	24.7	29.5	22.7	15.2	7.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
October	49.5	55.4	27.1	33.8	21.0	10.5	2.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
November	49.8	63.5	41.2	34.9	8.7	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
December	53.9	62.5	43.2	37.4	2.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Average	49.7	54.3	30.8	33.5	15.3	10.4	4.2	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0

ตารางที่ 9 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายชั่วโมง
(ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีอุบลราชธานี

Month	Percentage of number of hours (Ubon Ratchathani)%											
	0-50 mW m ⁻²		50-125 mW m ⁻²		125-175 mW m ⁻²		175-250 mW m ⁻²		>250 mW m ⁻²		Morning	Afternoon
	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon		
January	47.5	60.1	41.2	38.1	11.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
February	46.1	55.2	32.7	37.7	21.0	7.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
March	45.7	57.6	26.8	32.6	26.0	9.7	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
April	41.6	54.0	25.5	30.2	24.7	14.5	8.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
May	40.1	55.7	25.0	30.6	27.7	12.8	7.0	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1
June	41.3	54.3	25.8	30.3	24.5	13.8	8.1	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0
July	42.6	54.9	26.1	29.7	24.0	14.2	7.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
August	41.9	53.2	24.8	28.2	22.2	16.3	10.9	2.1	0.2	0.2	0.2	0.2
September	43.0	54.7	27.2	32.6	22.6	12.2	7.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
October	40.9	61.0	31.6	34.1	25.5	4.9	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
November	38.5	63.0	47.1	35.7	13.8	1.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
December	45.9	62.6	45.2	36.6	9.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Average	42.9	57.2	31.6	33.0	21.0	9.1	4.4	0.6	0.1	0.1	0.1	0.0

ตารางที่ 10 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวทงมนุษย์รายชั่วโมง
(ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีนครปฐม

Month	Percentage of number of hours (Nakhon Pathom)%											
	0-50 mW m ⁻²		50-125 mW m ⁻²		125-175 mW m ⁻²		175-250 mW m ⁻²		>250 mW m ⁻²		Morning	Afternoon
	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon		
January	52.2	57.0	37.9	37.7	9.6	5.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
February	50.4	52.1	31.5	35.3	17.0	11.9	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
March	50.3	54.1	28.1	30.9	18.7	13.9	2.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
April	41.8	50.9	28.2	30.6	23.3	15.5	6.3	2.5	0.5	0.4	0.4	0.4
May	40.5	52.5	29.4	30.3	23.4	15.1	6.1	1.8	0.6	0.2	0.2	0.2
June	42.8	52.4	28.1	30.8	22.6	14.2	6.1	2.5	0.4	0.1	0.1	0.1
July	41.9	51.4	27.3	29.6	22.8	16.7	8.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
August	41.8	51.7	24.8	27.5	23.1	17.0	10.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
September	42.6	56.5	27.0	28.9	23.1	13.5	7.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
October	43.9	61.3	33.3	31.8	20.1	6.7	2.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
November	46.1	63.6	39.4	33.6	14.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
December	49.0	58.8	43.3	39.4	7.5	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Average	45.3	55.2	31.5	32.2	18.8	11.2	4.3	1.3	0.1	0.1	0.1	0.1

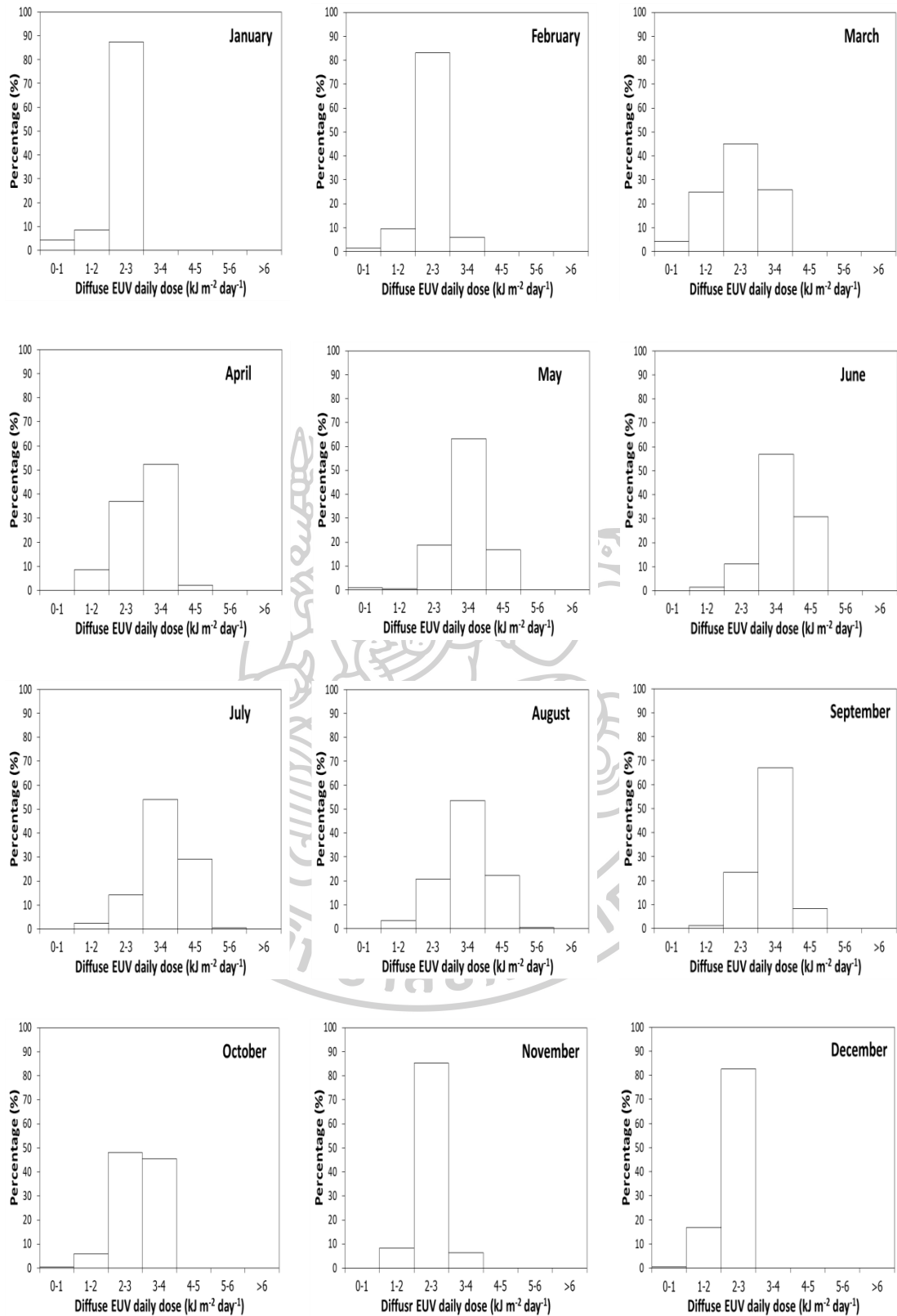
ตารางที่ 11 การแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวทงมนุษย์รายชั่วโมง
(ช่วงเช้าและช่วงบ่าย) ของสถานีสงขลา

Month	Percentage of number of hours (Songkhla)%											
	0-50 mW m ⁻²		50-125 mW m ⁻²		125-175 mW m ⁻²		175-250 mW m ⁻²		>250 mW m ⁻²		Morning	Afternoon
	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon		
January	45.6	52.6	21.3	23.1	22.2	19.4	10.9	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
February	41.4	44.5	18.8	24.3	19.9	20.5	19.7	10.7	0.3	0.0	0.0	0.0
March	37.3	47.0	21.7	21.6	21.1	21.2	18.3	10.1	1.7	0.0	0.0	0.0
April	35.0	50.9	25.0	19.8	21.5	22.1	18.3	7.1	0.1	0.1	0.1	0.1
May	35.2	53.2	26.7	24.3	25.8	18.5	11.6	3.7	0.6	0.3	0.3	0.3
June	37.3	53.6	28.2	26.1	25.2	18.7	9.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
July	38.7	53.5	26.4	21.7	24.3	21.2	10.2	3.6	0.4	0.1	0.1	0.1
August	37.9	53.7	24.9	22.0	23.4	18.9	13.7	5.3	0.1	0.0	0.0	0.0
September	35.1	53.8	25.3	22.8	18.2	15.4	20.4	8.0	1.0	0.0	0.0	0.0
October	36.1	53.0	25.6	27.1	18.0	13.3	17.2	6.1	3.2	0.5	0.5	0.5
November	43.7	51.3	24.2	31.7	19.0	13.4	11.7	3.6	1.4	0.1	0.1	0.1
December	48.4	57.1	25.0	28.8	21.6	13.1	4.8	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Average	39.3	52.0	24.2	24.4	21.7	18.0	13.8	5.5	0.8	0.1	0.1	0.1

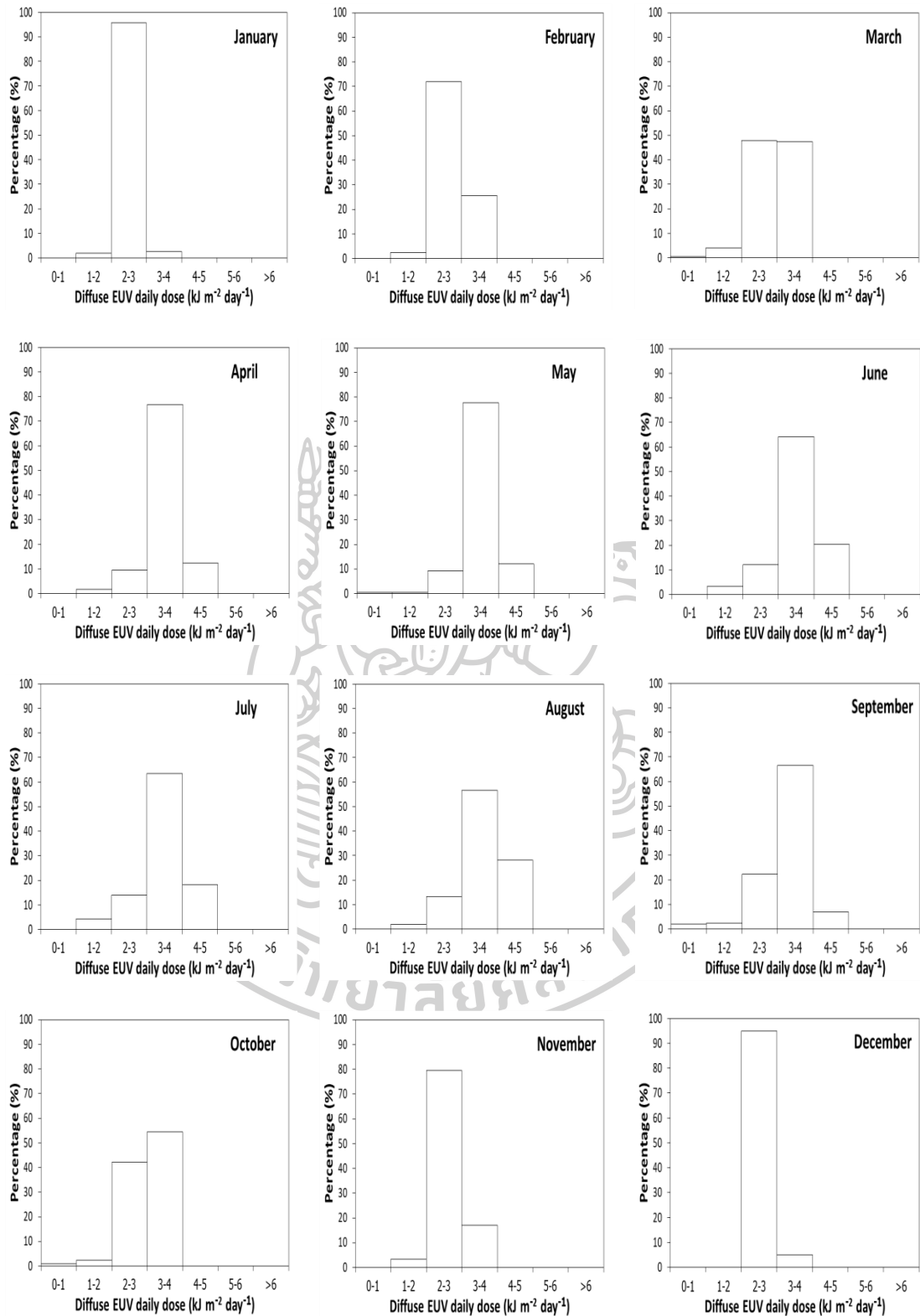
3.5.5 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวัน

ความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันเป็นพลังงานตั้งแต่เข้าถึงเยื่อ (Diffuse EUV daily dose) จะมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานะทางอุตุนิยมวิทยาและทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ (apparent sun path) ของพื้นที่นั้น ๆ ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการแจกแจงข้อมูลดังกล่าวเป็นรายวันในแต่ละเดือนของทั้ง 4 สถานี ซึ่งจะช่วยให้ทราบลักษณะทางสถิติของปริมาณรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ตลอดทั้งวันของแต่ละเดือนในรอบปี โดยข้อมูลทั้งหมดเป็นรายวันและทำการแจกแจงเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนวันที่มีค่าความเข้มรังสีในปริมาณต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 70-73

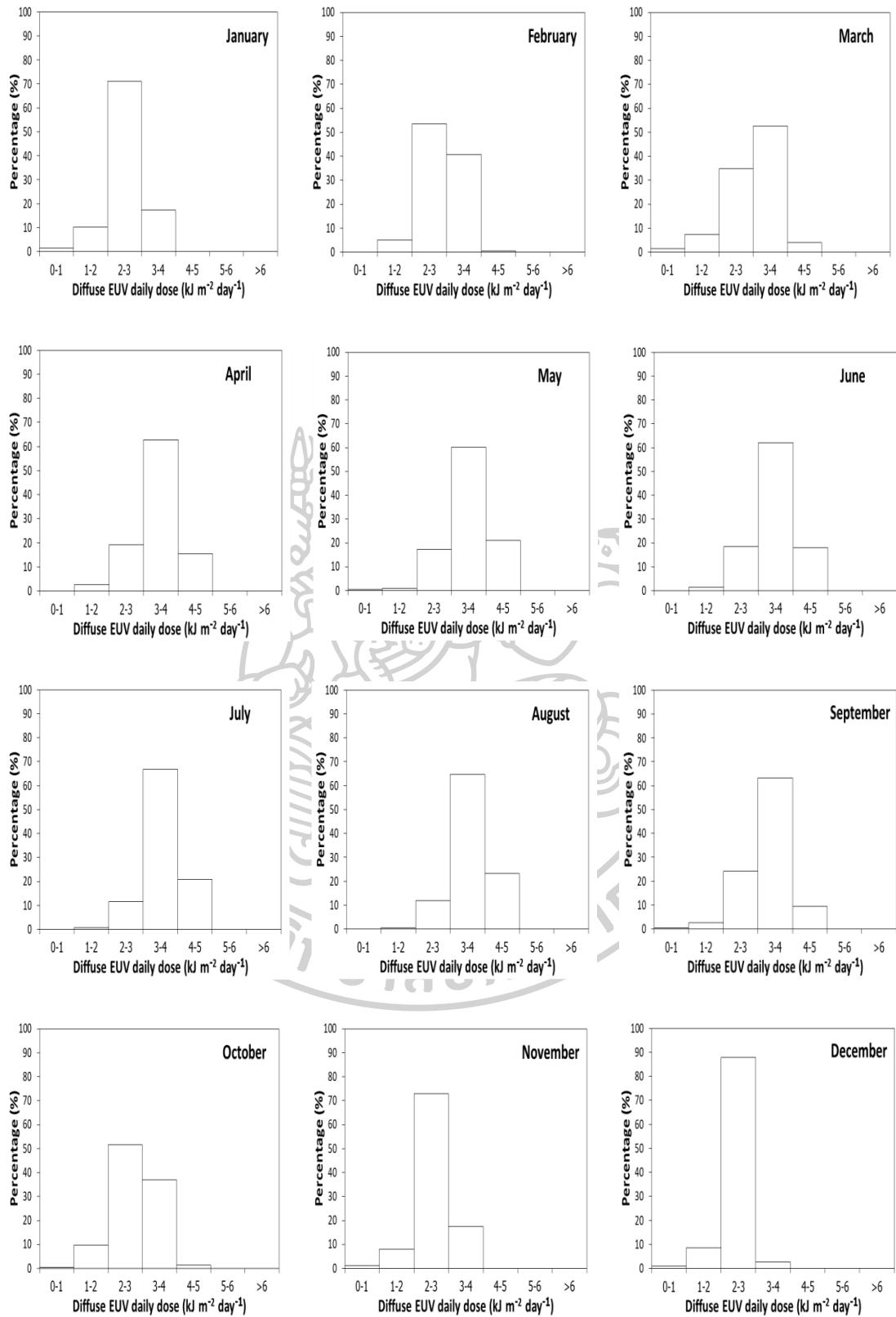
จากกราฟข้อมูลพบว่าลักษณะการแจกแจงรายเดือน (statistical distribution) ของค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ลักษณะการกระจายของค่าความเข้มน้อยจะเริ่มจากช่วงต้นปีพิจารณาได้จากกราฟเดือนมกราคม และค่าความเข้มรังสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดในช่วงกลางปี (มิถุนายน-สิงหาคม) หลังจากนั้นค่าความเข้มจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม กรณีการแจกแจงค่าความเข้มรังสีตลอดทั้งปีดังแสดงในรูปที่ 74 ลักษณะกราฟของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีลักษณะคล้ายกัน นั่นคือ คล้ายกับการแจกแจงปกติ (normal distribution) ส่วนของสถานีสงขลาลักษณะกราฟจะเอนเอียงไปทางค่ามาก แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ของสถานีสงขลามีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ๆ



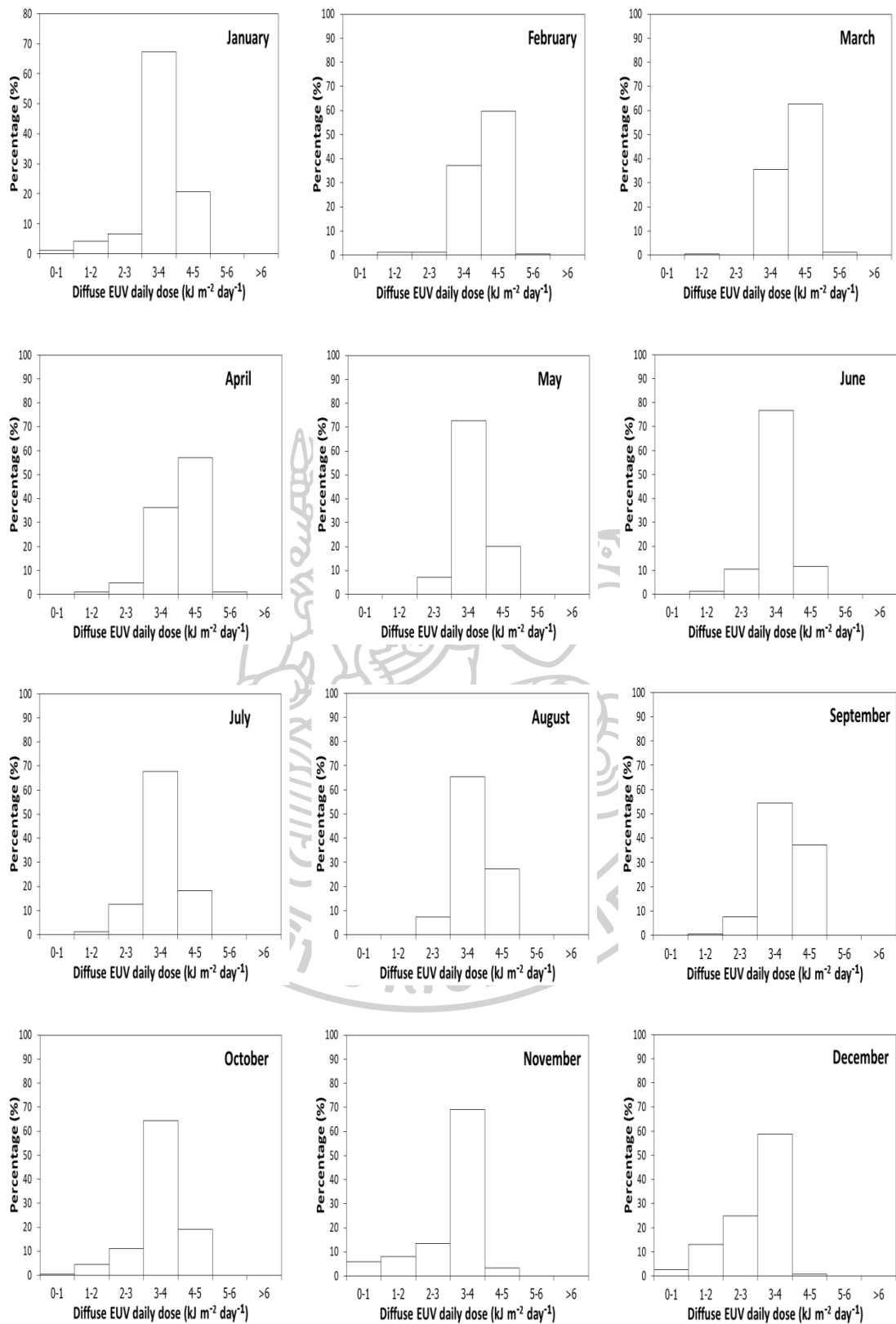
รูปที่ 70 แสดงการแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันในเดือนต่าง ๆ ของสถานีเชียงใหม่



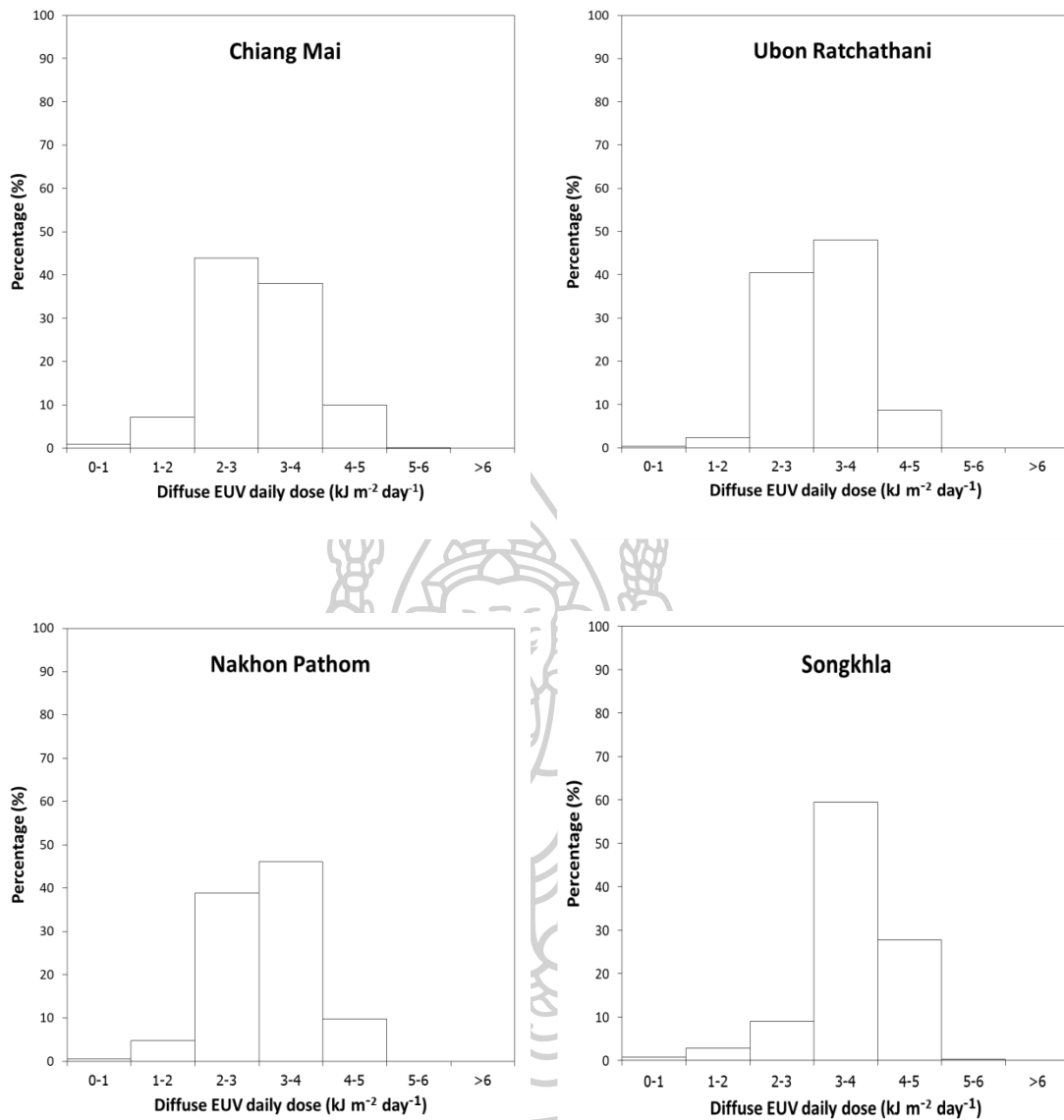
รูปที่ 71 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันในเดือนต่าง ๆ ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 72 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันในเดือนต่าง ๆ ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 73 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันในเดือนต่าง ๆ ของสถานีสงขลา

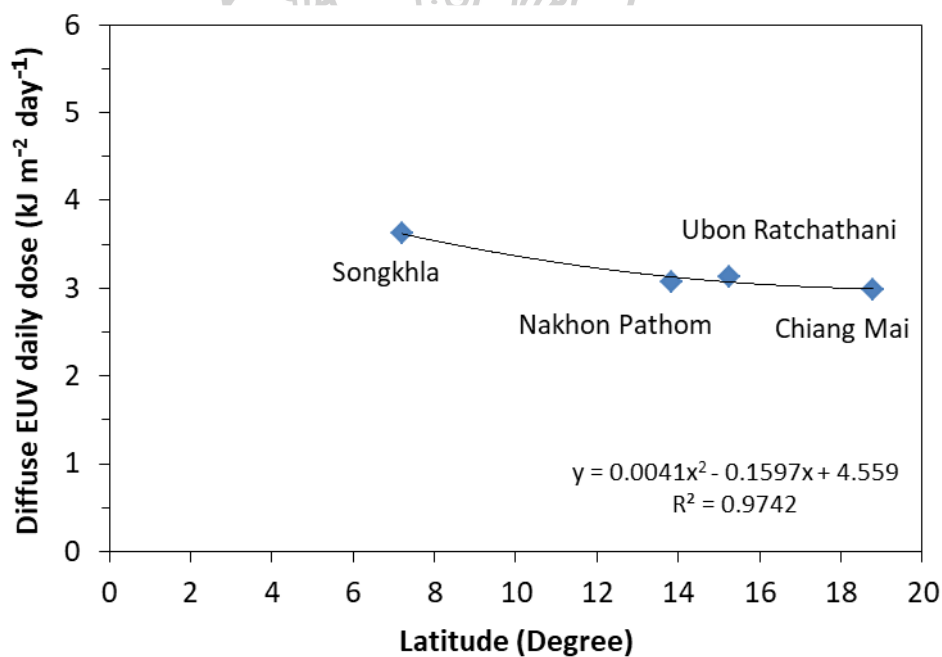


รูปที่ 74 การแจกแจงค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวัน (Diffuse EUV daily dose) ตลอดทั้งปีของสถานีต่าง ๆ

3.5.6 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ตามละติจูด

การเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่พื้นผิวโลกนั้นจะขึ้นกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และองค์ประกอบทางบรรยากาศของบริเวณนั้น ๆ สำหรับประเทศไทยที่มีพื้นที่ได้สุดอยู่ที่ละติจูด 5.61°N และเหนือสุดอยู่ที่ละติจูด 20.46°N ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลดังกล่าว และนำเสนอในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนกับตำแหน่งละติจูดของสถานีต่าง ๆ ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 75

จากกราฟข้อมูลจะเห็นว่าค่ารังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะขึ้นอยู่กับละติจูด คือ สถานีสงขลาจะมีค่ารังสีกระจายสูงสุดเนื่องจากอยู่ที่ตำแหน่งละติจูดต่ำกว่าสถานีอื่น ๆ สถานีอุบลราชธานีและนครปฐมมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากอยู่ที่ตำแหน่งละติจูดใกล้เคียงกัน ส่วนสถานีเชียงใหม่จะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากอยู่ที่ตำแหน่งละติจูดสูงสุด



รูปที่ 75 การแปรค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนตามละติจูดของสถานีต่าง ๆ

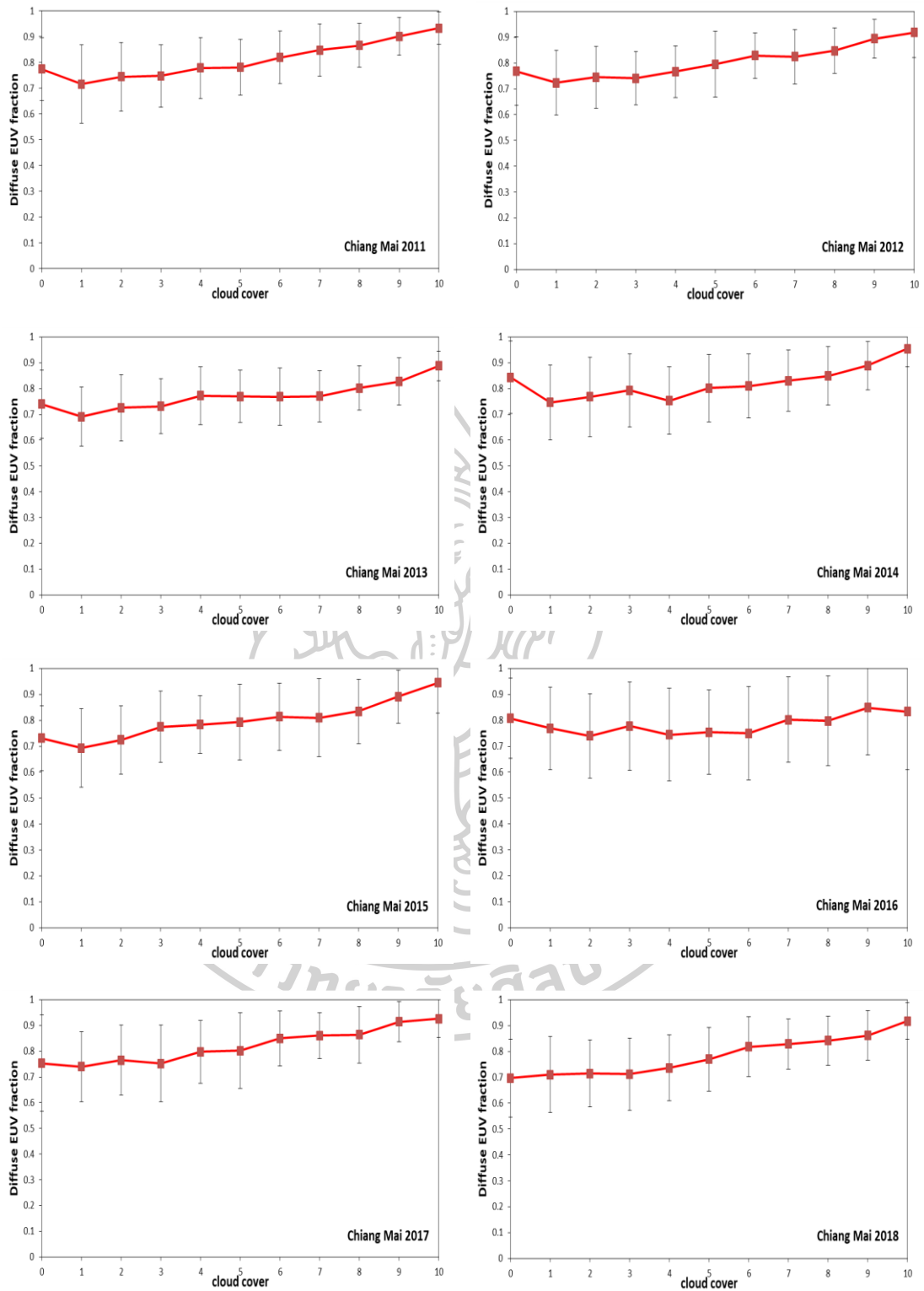
3.5.7 อัตราส่วนของรังสีกระจายต่อรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Diffuse EUV fraction)

เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นส่วนหนึ่งของรังสีอาทิตย์ และถูกกลดทอนโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้าที่มีต่อสัดส่วนรังสีกระจายและรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาดังกล่าว โดยใช้ค่า Diffuse EUV fraction ซึ่งคำนวณได้ตามสมการ (3.4)

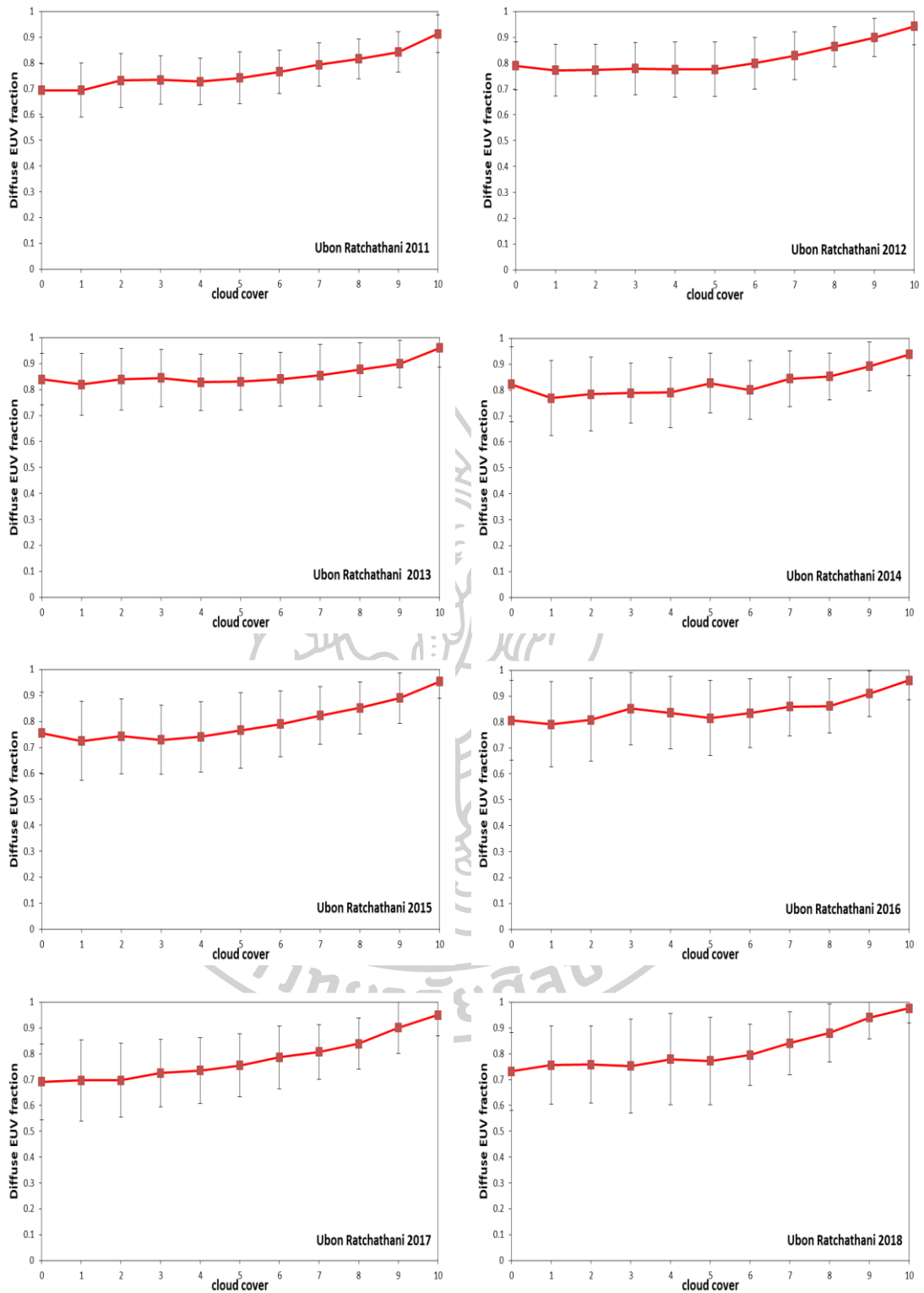
$$\text{Diffuse EUV fraction} = \frac{\text{Diffuse EUV}}{\text{Global EUV}} \quad (3.4)$$

จากนั้นผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Diffuse EUV fraction กับปริมาณเมฆของทั้ง 4 สถานีผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 76-79

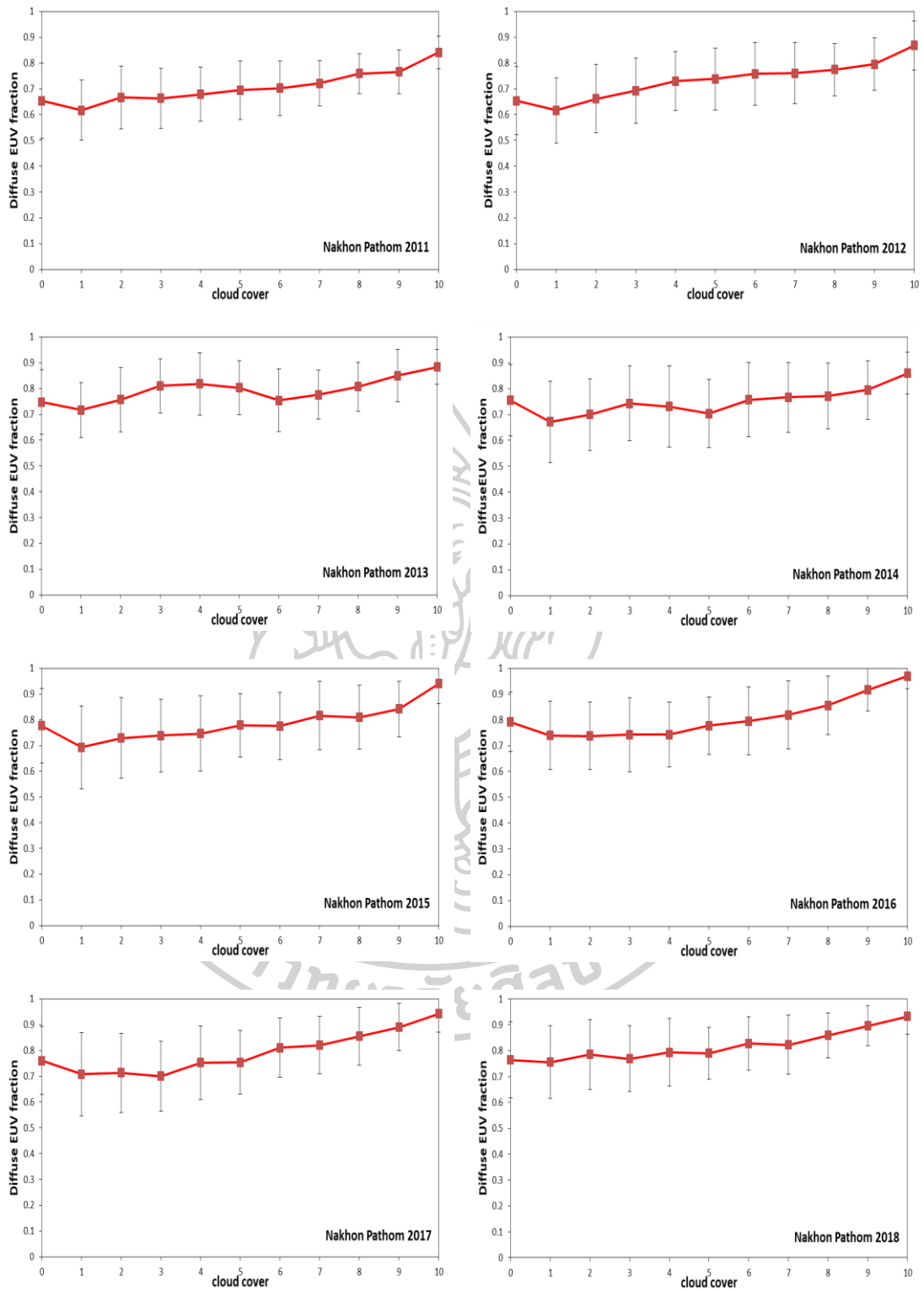
จากกราฟข้อมูลพบว่าลักษณะการแปรค่าของ Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆของทั้งสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา มีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่า Diffuse EUV fraction จะขึ้นอยู่กับปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า โดยเมื่อปริมาณเมฆเพิ่มขึ้นค่าดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นด้วย หมายความว่า เมฆมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต จากนั้นทำการแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆของทั้ง 4 สถานี ของแต่ละปีและระยะยาว ดังแสดงในรูปที่ 80



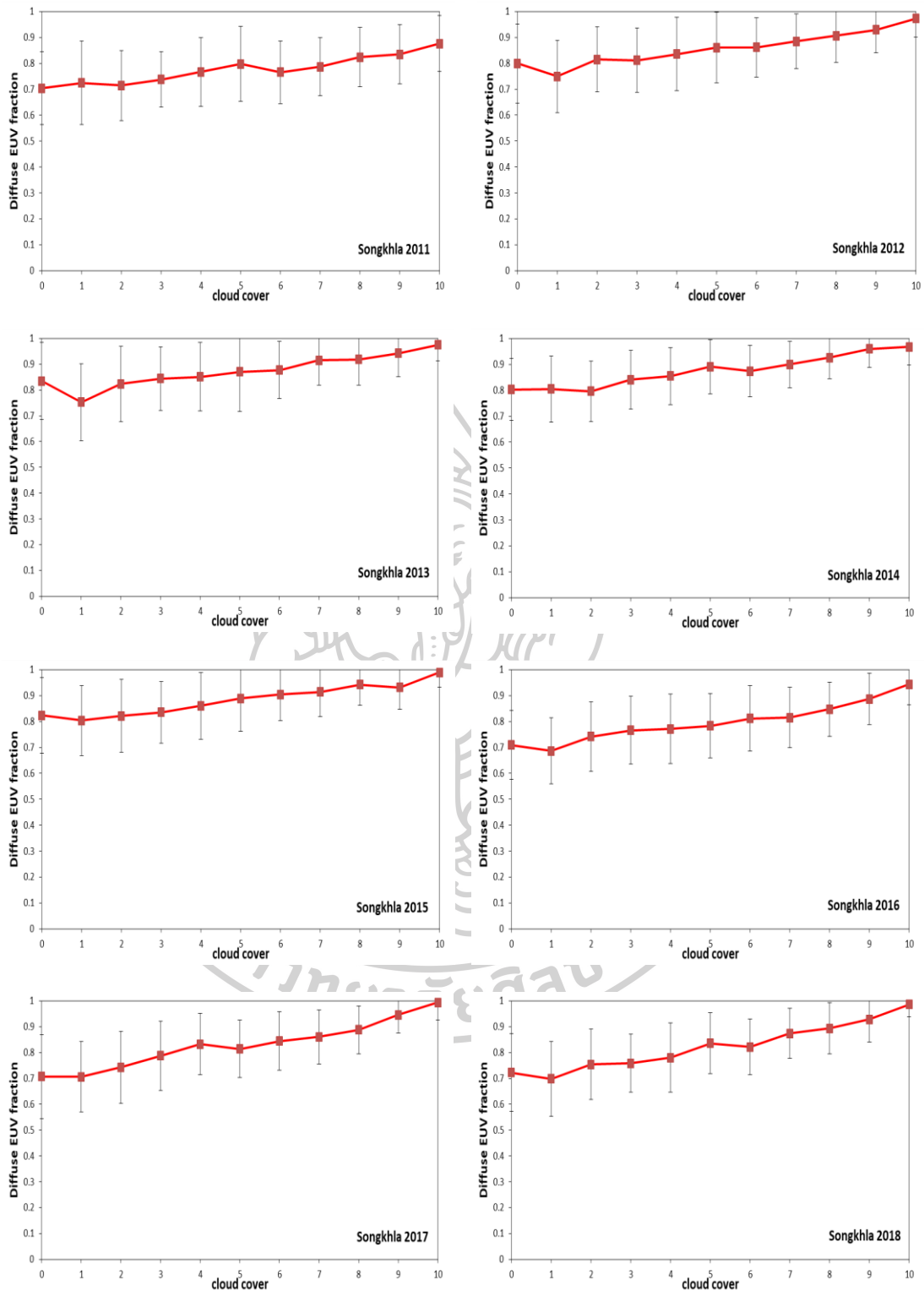
รูปที่ 76 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีเชียงใหม่



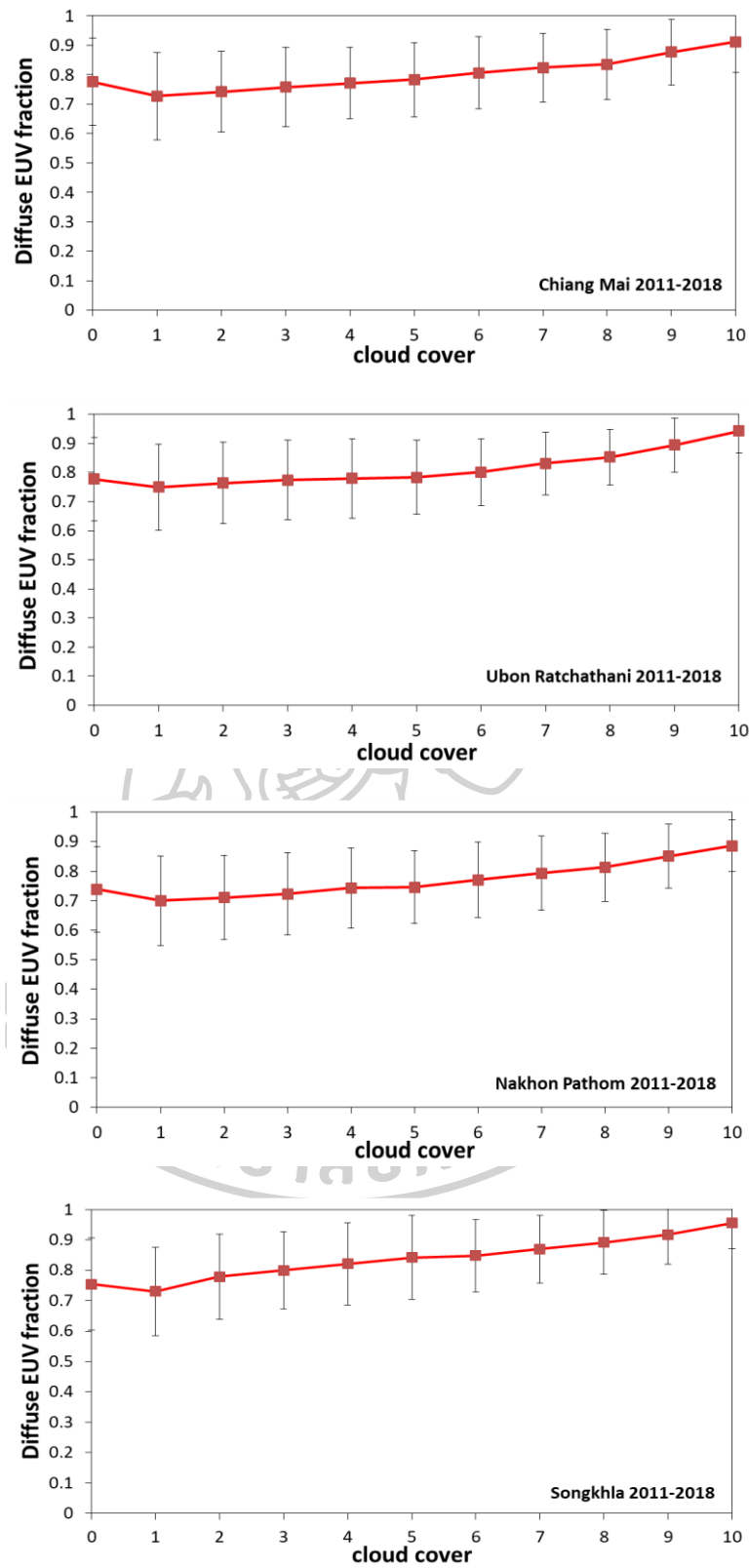
รูปที่ 77 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีอุบลราชธานี



รูปที่ 78 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีนครปฐม



รูปที่ 79 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ของสถานีสงขลา



รูปที่ 80 การแปรค่า Diffuse EUV fraction ต่อปริมาณเมฆ (cloud cover) ตลอดทั้งปีระยะเวลา
ของสถานีต่าง ๆ

3.6 การพัฒนาแบบจำลองสำหรับใช้คำนวณ Diffuse EUV fraction จากปริมาณเมฆ

ที่ปกคลุมท้องฟ้า (cloud cover)

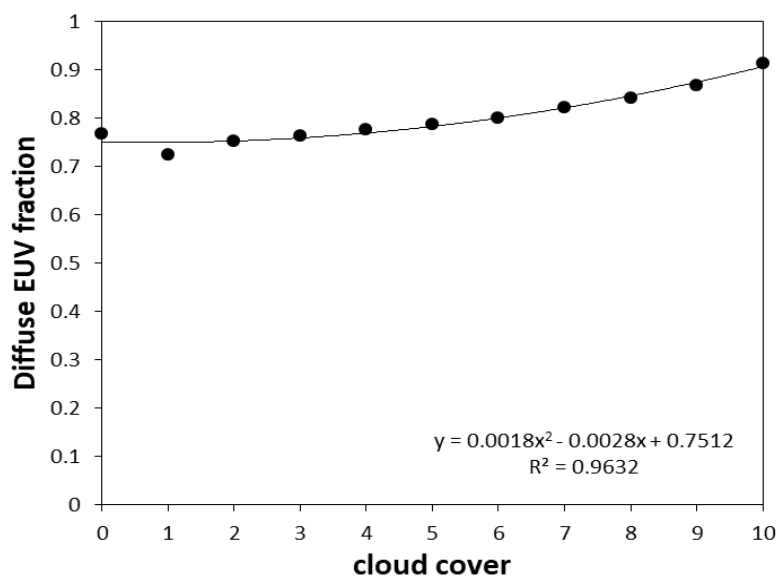
เนื่องจากประเทศไทยมีสถานีวัดความเข้มรังสีกระจายในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ค่อนข้างน้อยและไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ การหาค่า Diffuse EUV fraction (Diffuse EUV/Global EUV) จึงเป็นไปได้ยาก ทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าความเข้มรังสีรวมและรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า ผู้วิจัยจึงทำการหาความสัมพันธ์ระหว่าง Diffuse EUV fraction กับปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า โดยดำเนินการดังนี้

3.6.1 ข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยทำการเลือกข้อมูลความเข้มรังสีรวมและรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในรูปรายชั่วโมง ($W m^{-2}$) มาคำนวณค่า Diffuse EUV fraction และทำการแบ่งกลุ่มของข้อมูลตามปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า (cloud cover, 0-10) โดยแบ่งได้เป็น กรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆมีค่าเท่ากับ 0 ไปจนถึงเมฆปกคลุมเต็มท้องฟ้ามีค่าเท่ากับ 10 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อ่านมาเป็น Diffuse EUV fraction โดยใช้ข้อมูลวัดจากสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลาเป็นระยะเวลา 5 ปี (ค.ศ.2011-2015) ในการสร้างแบบจำลอง และใช้ข้อมูล 3 ปี (ค.ศ.2016-2018) เพื่อใช้ทดสอบแบบจำลอง

3.6.2 การสร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยทำการสร้างแบบจำลองโดยหาความสัมพันธ์ระหว่าง Diffuse EUV fraction กับปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า (cloud cover) ได้กราฟความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 81



รูปที่ 81 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Diffuse EUV fraction กับ cloud cover จากข้อมูลที่วัดได้ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา ใช้ข้อมูล 5 ปี (ค.ศ.2011-2015)

จากกราฟ พบว่าค่า Diffuse EUV fraction มีความสัมพันธ์ที่ดีกับ cloud cover กล่าวคือ Diffuse EUV fraction จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อ cloud cover มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยสมการพหุนามกำลังสอง ดังต่อไปนี้

$$DEF = 0.0018 C^2 - 0.0028 C + 0.7512 \quad (3.5)$$

เมื่อ

DEF คือ อัตราส่วนของรังสีกระจายต่อรังสีรวมในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต [-]

C คือ ปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า [C = 0 กรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ และ C = 10 กรณีท้องฟ้าปกคลุมด้วยเมฆทั้งหมด]

3.6.3 การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง

ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลความเข้มรังสีรวมและรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในรูปปรายชั่วโมง ($W m^{-2}$) มาคำนวณค่า Diffuse EUV fraction และทำการแบ่งกลุ่มของข้อมูลตามปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า (cloud cover, 0-10) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกมาเป็น Diffuse EUV fraction โดยใช้ข้อมูลวัดจากสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลาเป็นระยะเวลา 3 ปี (ค.ศ.2016-2018) เพื่อใช้ทดสอบแบบจำลอง

การทดสอบสมรรถนะของแบบจำลอง ผู้วิจัยจะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ root mean square difference (RMSD) และ mean bias difference (MBD) ตามสมการ

$$\text{RMSD} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\overline{\text{DEF}}_{\text{model}} - \overline{\text{DEF}}_{\text{measure}})^2}}{\frac{\sum_{i=1}^N \overline{\text{DEF}}_{\text{measure}}}{N}} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$\text{MBD} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N (\overline{\text{DEF}}_{\text{model}} - \overline{\text{DEF}}_{\text{measure}})}{N}}{\frac{\sum_{i=1}^N \overline{\text{DEF}}_{\text{measure}}}{N}} \times 100\% \quad (3.7)$$

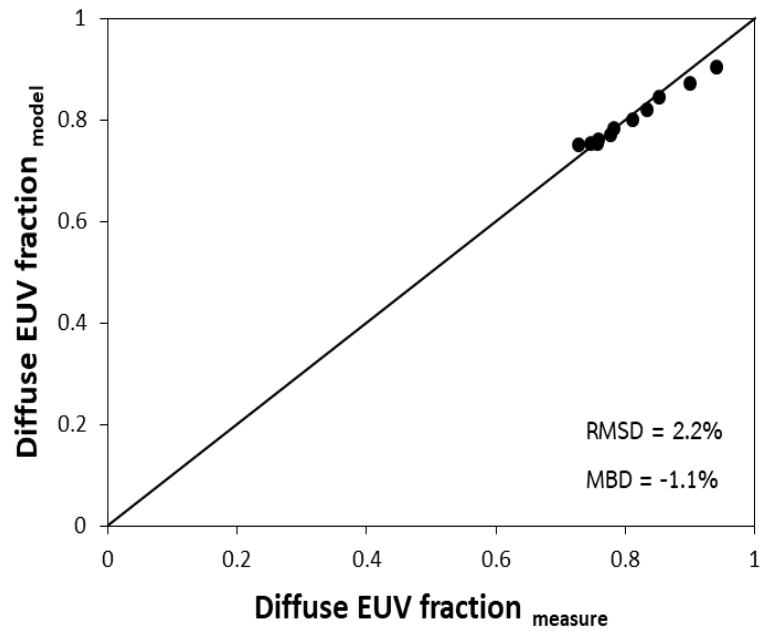
เมื่อ

$\overline{\text{DEF}}_{\text{model}}$ คือ Diffuse EUV fraction จากข้อมูลรายชั่วโมงเฉลี่ยระยะยาวจากแบบจำลอง

$\overline{\text{DEF}}_{\text{measure}}$ คือ Diffuse EUV fraction จากข้อมูลรายชั่วโมงเฉลี่ยระยะยาวจากการวัด

N คือ จำนวนข้อมูล

ผลการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 82 ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูล Diffuse EUV fraction ที่คำนวณได้จากแบบจำลองนั้นมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูล Diffuse EUV fraction ที่ได้จากข้อมูลวัดภาคพื้นดิน โดยมีค่า RMSD และ MBD เท่ากับ 2.2% และ -1.1% ตามลำดับ จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมามีสมรรถนะดีและมีความถูกต้องสูง



รูปที่ 82 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Diffuse EUV fraction ที่ได้จากการวัด (Diffuse EUV fraction_{measure}) และจากแบบจำลอง (Diffuse EUV fraction_{model}) ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา ใช้ข้อมูล 3 ปี (ค.ศ.2016-2018)



บทที่ 4

สรุป

ประเทศไทยมีพื้นที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงทำให้มีอากาศร้อนเพราะอยู่ใกล้กับดวงอาทิตย์ และยังส่งผลให้ได้รับค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในระดับที่สูง โดยผู้วิจัยมีความสนใจในเรื่องรังสีกระจาย จึงได้ทำการศึกษาความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จากข้อมูลวัดที่สถานี 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือที่สถานีเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สถานีอุบลราชธานี ภาคกลางที่มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม และภาคใต้ที่สถานีสงขลา ใช้ข้อมูลเป็นเวลาทั้งสิ้น 8 ปี (ค.ศ.2011-2018) จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเข้มรังสีกระจายในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ (Diffuse EUV) รายชั่วโมง กรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆพบว่า สถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีการแปรค่าเหมือนกัน นั่นคือ ช่วงต้นปีและปลายปีมีความเข้มสูงสุดต่ำกว่า 150 mW m^{-2} ส่วนกลางปีมีความเข้มสูงสุดมากกว่า 150 mW m^{-2} สำหรับสถานีสงขลา มีค่าความเข้มสูงกว่า 150 mW m^{-2} ตลอดทั้งปี โดยค่ารังสีสูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม ประมาณ 190 mW m^{-2} ส่วนของการแปรค่ารังสีตามฤดูกาลในรอบปีนั้นมีความคล้ายคลึงกันใน 3 สถานี คือ สถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก $2.0 - 3.5 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน จากนั้นค่าจะค่อนข้างคงที่จนถึงเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) และจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงเดือนธันวาคม เนื่องจากมุมเซนติของดวงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับสถานีสงขลา มีค่าสูงตลอดทั้งปี โดยมีค่าสูงสุด 2 ครั้ง ที่เดือนมีนาคมและเดือนกันยายนมีค่าอยู่ที่ $4.2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ และ $3.7 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนการแปรค่ารังสีระหว่างปีนั้นจะเห็นได้ว่าในทุกสถานีค่าความเข้มรังสีดังกล่าวมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้นจึงควรต้องดำเนินการเก็บข้อมูลต่อไป สำหรับการแจกแจงข้อมูล Diffuse EUV รายชั่วโมงของทั้ง 4 สถานี พบว่าช่วงเช้า (5:00-12:00) มีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงที่มีค่า Diffuse EUV สูงกว่าช่วงบ่าย (12:00-19:00) หมายความว่า ในช่วงเช้ามีโอกาสได้รับรังสีกระจายที่มีค่าสูงมากกว่าในช่วงบ่าย ส่วนของการแจกแจงความเข้มรังสีรายวันพบว่า สถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี และนครปฐม มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เริ่มจากต้นปีมีค่าน้อยแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึง

ช่วงกลางปีจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงต่อเนื่องจนเดือนธันวาคม ส่วนสถานีสงขลานั้นจะมีค่ารังสีสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ส่วนการแปรค่ารังสีตามละติจูดนั้น สงขลาจะมีค่ารังสีสูงสุดเนื่องจากละติจูดต่ำที่สุดและค่ารังสีจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อละติจูดเพิ่มขึ้น รองลงมาจึงเป็น นครปฐม อุบลราชธานี และเชียงใหม่ ตามลำดับ สำหรับ Diffuse fraction มีการแปรค่าเหมือนกันทั้ง 4 สถานี นั่นคือ เมฆมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์โดยจะทำให้รังสีกระจายมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น

จากนั้นผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง Diffuse EUV fraction กับปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า เมื่อทำการหาความสัมพันธ์เรียบร้อยแล้วจะทำให้ได้สมการของแบบจำลองโดยมีตัวแปรที่สำคัญคือ ค่าปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามีค่าตั้งแต่ 0-10 โดยแบ่งได้เป็นกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆมีค่าเท่ากับ 0 ไปจนถึงเมฆปกคลุมเต็มท้องฟ้ามีค่าเท่ากับ 10 ผลการทดสอบสมรรถนะของแบบจำลองพบว่า Diffuse EUV fraction ที่คำนวณได้แตกต่างจากค่าการวัด โดยแสดงในรูปของ root mean square difference (RMSD) และ mean bias difference (MBD) ได้ค่า 2.2% และ -1.1% ตามลำดับ

ประเทศไทยได้รับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในระดับที่สูงแต่สถานีวัดกลับมีจำนวนจำกัด ผู้วิจัยจึงขอเสนอให้จัดสร้างสถานีวัดรังสีดังกล่าวเพิ่มเติมทั้งรังสีกระจายและรังสีรวมให้ครอบคลุมทั่วประเทศ เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาทางด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้เฝ้าระวังและแจ้งเตือนประชาชนและนักท่องเที่ยวให้รู้ถึงระดับความรุนแรงและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากรังสีดังกล่าว

รายการอ้างอิง

- Adam, M. E.-N., & Ahmed, E. A. (2016). An assessment of the ratio of ultraviolet-B to broadband solar radiation under all cloud conditions at a subtropical location. *Advances in Space Research*, 57(3), 764-775.
- Canadian Center for Occupational Health and Safety. (2016). Ultraviolet Radiation, March 29 2019. Retrieved from https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ultravioletradiation.html
- CIE. (1987). A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *Research note, International Commission on Illumination, vol. 6, No. 1.*
- Elhadidy, M., Abdel-Nabi, D., & Kruss, P. (1990). Ultraviolet solar radiation at Dhahran, Saudi Arabia. *Solar Energy*, 44(6), 513-519.
- Farman, J. C., Gardiner, B. G., & Shanklin, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. *Nature*, 315(6016), 207.
- Gleason, J., Bhartia, P. K., Herman, J. R. e., McPeters, R., Newman, P., Stolarski, R., . . . Seftor, C. (1993). Record low global ozone in 1992. *Science*, 260(5107), 523-526.
- iPhoneMod.net. (2017). uvlens-app-for-check-uv-idex-iphone-ipad, April 9 2019. Retrieved from <https://www.iphonemod.net/uvlens-app-for-check-uv-idex-iphone-ipad.html>
- Iqbal, M. (1983). *An Introduction to Solar Radiation*. Academic, New York.
- Janjai, S., Buntung, S., Wattan, R., & Masiri, I. (2010). Mapping solar ultraviolet radiation from satellite data in a tropical environment. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), 682-691.
- Madronich, S. (1993). *UV Radiation in the natural and perturbed atmosphere, in UV-B Radiation and Ozone Depletion, M. Tevini (Ed.), Lewis Publishers. London, 17-69.*
- McKinlay, A., & Diffey, B. (1987). *In Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations, ed. W. F. Passchier and B. F. M. Bosnjakovic. Elsevier, Amsterdam, pp. 83-87.*
- Molina, M. J., & Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes-

- Chlorine atom catalyzed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810-812.
- Newman, P. A., & Alpert, J. C. (1986). Nimbus 7 satellite measurements of the springtime Antarctic ozone decrease. *Nature*, 322, 808-811.
- Nunez, M. (2003). Private communication, Department of Geography and Environmental Studies, University of Tasmania, Australia.
- Parisi, A. V., Turnbull, D. J., De Byl, C., Schouten, P., Turner, J., & Downs, N. (2009). Influence of cloud and solar zenith angle on the diffuse solar erythemal UV short wavelength cut-offs and maximum spectral irradiance wavelengths. *Radiation Protection in Australasia*, 26(1), 2-9.
- Proffitt, M., Margitan, J., Kelly, K., Loewenstein, M., Podolske, J., & Chan, K. (1990). Ozone loss in the Arctic polar vortex inferred from high-altitude aircraft measurements. *Nature*, 347(6288), 31.
- Rafieepour, A., Ghamari, F., Mohammadbeigi, A., & Asghari, M. (2015). Seasonal variation in exposure level of types A and B ultraviolet radiation: An environmental skin carcinogen. *Annals of medical health sciences research*, 5(2), 129-133.
- Ren, P. B. C., Gjessing, Y., & Sigernes. (1999). Measurements of solar ultra violet radiation on the Tibetan Plateau and comparisons with discrete ordinate method simulations. *Journal of atmospheric solar-terrestrial physics*, 61(6), 425-446.
- Rind, D. (2002). The Sun's role in climate variations. *Science*, 296(5568), 673-677.
- Roy, C., Gies, H., Lugg, D., Toomey, S., & Tomlinson, D. (1998). The measurement of solar ultraviolet radiation. *Mutation Research/Fundamental Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 422(1), 7-14.
- Silva, A. A. (2015). The diffuse component of erythemal ultraviolet radiation. *Photochemical Photobiological Sciences*, 14(11), 1941-1951.
- Stamnes, K., Tsay, S.-C., Wiscombe, W., & Jayaweera, K. (1988). Numerically stable algorithm for discrete-ordinate-method radiative transfer in multiple scattering and emitting layered media, Applied Optics. *Applied optics*, 27(12), 2502-2531.
- Tevini, M. (1993). *UV-B Radiation and Ozone Depletion: Effects on Humans, Animals, Plants, Microorganisms and Materials*, Lewis Publishers. USA.
- UNEP. (2006). *Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2006 assessment*, UNEP (United Nations Environment

- Programme) Report, 209 pp.* Retrieved from
- Wang, L., Gong, W., Luo, M., Wang, W., Hu, B., & Zhang, M. (2015). Comparison of different UV models for cloud effect study. *Energy, 80*, 695-705.
- Webb, A. (1998). Techniques for measuring solar ultraviolet radiation. In *Human Bioclimatology* (pp. 7-59): Springer.
- Webb, A. R. (1998). *UVB instrumentation and applications*: CRC Press.
- WHO. (2002). *Global Solar UV index : A practical Guide*.
- Zerefos, C., Meleti, C., Balis, D., Tourpalis, K., & Bais, A. (1998). Quasi-biennial and longer-term changes in clear sky UV-B solar irradiance. *Geophysical Research Letters, 25*(23), 4345-4348.
- กิริติ เกิดศิริ. (2548). การศึกษาลักษณะทางสถิติและแบบจำลองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- เกษรินทร์ ทานประเสริฐ. (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตปีจากดวงอาทิตย์กับดัชนีเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา. (2560). การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากรจังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ประนอมกร ชูศรี. (2556). การพัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ศุภวัฒน์ วิสิฐศิริกุล. (2554). การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีวัด 4 แห่งในภูมิภาคหลักของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- เสริม จันทร์ฉาย. (2560). รังสีอาทิตย์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป: นครปฐม.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเทพปัญญา แยมเสียง
วัน เดือน ปี เกิด	27 ตุลาคม 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนาคประสิทธิ์ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2561 ศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	88/541 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร 74130

