



การศึกษารังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร
จังหวัดนครปฐม



โดย
นางสาวจุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาามหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัย
ศิลปากรจังหวัดนครปฐม



โดย
นางสาวจุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

A STUDY OF SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION AT A SOLAR
MONITORING STATION OF SILPAKORN UNIVERSITY IN NAKHON
PATHOM



By
MISS Juthatip SRIWONGSA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (PHYSICS)

Department of PHYSICS

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2017

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสี
อาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากรจังหวัดนครปฐม
โดย จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา
สาขาวิชา ฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิศระ มะศิริ)

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลัย บรรเทิง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิลาวรรณ คำหาญ)

58306203 : ฟิสิกส์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต, ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต

นางสาว จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา: การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากรจังหวัดนครปฐม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ โดยใช้เครื่อง spectroradiometer ที่มหาวิทยาลัยศิลปากร (13.82°N, 100.04°E) จังหวัดนครปฐม ระหว่างช่วง ค.ศ. 2015 – 2017 พร้อมทั้งได้รวบรวมข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่ทำการวัดด้วยเครื่องมือดังกล่าวในช่วง 2010-2014 จากข้อมูลชุดนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินงานต่างๆ 3 งาน โดยงานที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร กับสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นเดียวกันซึ่งได้จากดาวเทียม OMI/AURA ผลการเปรียบเทียบพบว่าความแตกต่างในรูปของ root mean square difference (RMSD) ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร มีค่าเท่ากับ 46.5%, 24.5%, 32.4% และ 24.5% ตามลำดับ สำหรับงานที่ 2 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตมาคำนวณค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet index, UVI) และพบว่า 14.4%, 13.2% และ 4.0% ของค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากข้อมูลทั้งหมดอยู่ในระดับสูงสุดขีด (extreme) สูงมาก และสูง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตสูงถึงสูงสุดขีดจะเกิดขึ้นมากสุดในเดือนพฤษภาคม ในงานสุดท้าย ผู้วิจัยได้เสนอและทดสอบสมรรถนะของวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา 9.00-15.00 นาฬิกา ภายใต้อุปกรณ์ปราศจากเมฆ จากวิธีหนึ่งและพบว่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการวัดและค่าที่ได้จากการพยากรณ์อยู่ในช่วง 6-22%

58306203 : Major (PHYSICS)

Keyword : SPECTRAL ULTRAVIOLET, ULTRAVIOLET INDEX

MISS JUTHATIP SRIWONGSA : A STUDY OF SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION AT A SOLAR MONITORING STATION OF SILPAKORN UNIVERSITY IN NAKHON PATHOM THESIS ADVISOR : PROFESSOR SERM JANJAI, Ph.D.

In this work, spectral solar ultraviolet (UV) radiation was measured during 2015-2017 using a spectroradiometer at Silpakorn University (13.82°N, 100.04°E) in Nakhon Pathom. In addition, spectral UV data obtained from this instrument during 2010 – 2014 were also gathered. Based on this data set, three tasks were carried out. In the first task, the spectral ultraviolet radiation data at the wavelengths of 305, 310, 324 and 380 nm were compared with those obtained from OMI/AURA satellite. The comparison results reveal that, for all sky conditions, discrepancy in terms of root mean square difference (RMSD) for the wavelengths of 305, 310, 324 and 380 nm are 46.5%, 24.5%, 32.4% and 24.5%, respectively. For the second task, the data were employed to calculate ultraviolet radiation index (UVI). It is found that 14.4%, 13.2% and 4.0% of all UVI value are at the levels of extreme, very high, and high, respectively. In addition, the highest frequency of occurrence of high to extreme levels takes place in May. For the last task, a method for forecasting UVI during 9 am – 3 pm under clear sky condition was proposed and tested. The test results show that the discrepancy between the UVI from the measurement and that from the forecasting is 6-22%.

กิตติกรรมประกาศ

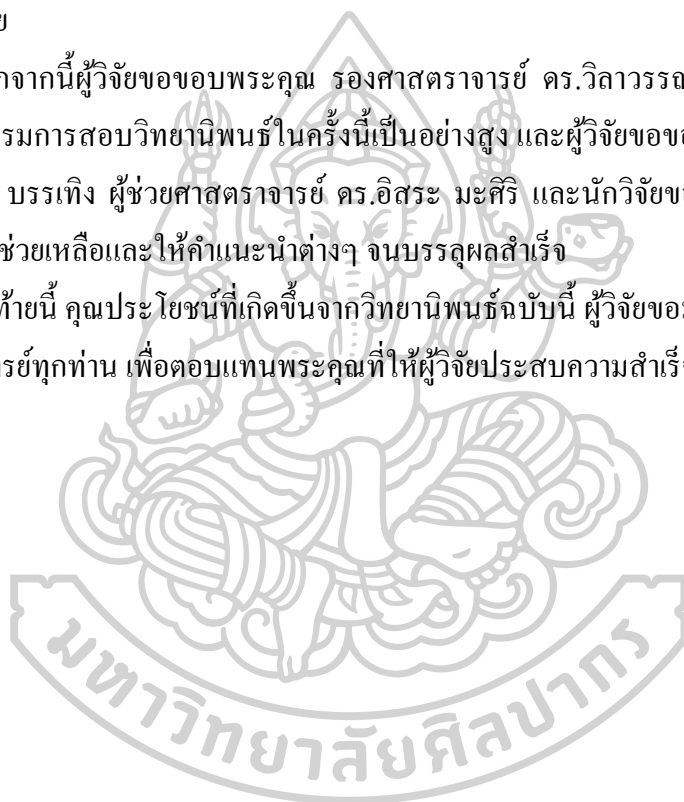
ในการศึกษาระดับปริญญาโทฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับทุนผู้ช่วยวิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทรฉาย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำทางวิชาการ พร้อมทั้งจัดหาทุนวิจัย เครื่องมือ และข้อมูลที่เป็นจำเป็นสำหรับการดำเนินงานวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ คำหาญ ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เป็นอย่างสูง และผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลย์ บรรเทิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสระ มะศิริ และนักวิจัยของห้องปฏิบัติการพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ จนบรรลุผลสำเร็จ

สุดท้ายนี้ คุณประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดาและมารดา รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่าน เพื่อตอบแทนพระคุณที่ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา

จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป	1
สารบัญตาราง	1
บทที่1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
บทที่2 หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักทางวิชาการ	3
2.1.1 แหล่งกำเนิดและสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์.....	3
2.1.2 รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผ่านบรรยากาศโลก.....	4
2.1.3 ผลของโอโซนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต	5
2.1.4 ผลของฝุ่นละอองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	7
2.1.5 ผลของเมฆต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	9
2.1.6 การวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	10
2.1.6.1 เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต	10
2.1.6.2 เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง	12

2.1.6.3 เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลาย ช่องสัญญาณ	13
2.1.7 การตอบสนองรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อสิ่งมีชีวิต	13
2.1.8 คำนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต	15
2.1.9 ดาวเทียมอวกาศนิยามวิทยา	16
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการและผล	28
3.1 การวัดและการบันทึกข้อมูล	28
3.2 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินและจากดาวเทียม	36
3.2.1 การเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีท้องฟ้าทั่วไป	38
3.2.2 การเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ	44
3.3 การศึกษาลักษณะทางสถิติของค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ต	47
3.3.1 การแปรค่าค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน	48
3.3.2 การแปรค่าค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลาเที่ยงวันตามฤดูกาลในรอบปี	58
3.3.3 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมง	63
3.4 การพยากรณ์ค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ตเบื้องต้น	68
3.4.1 ข้อมูล	69
3.4.1.1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง	69
3.4.1.2 ข้อมูลปริมาณโอโซน	75
3.4.2 ขั้นตอนการพยากรณ์ค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ต	77
3.4.3 การทดสอบการพยากรณ์ค่านีรังสีอัลตราไวโอเล็ต	78
บทที่ 4	82
สรุป	82

ภาคผนวก ก.....	84
แบบจำลองการถ่ายเทรังสี UVSPEC	84
ภาคผนวก ข.....	94
การเตรียมข้อมูลจาก AERONET.....	94
รายการอ้างอิง	104
ประวัติผู้เขียน	106



สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 การแบ่งช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	3
รูปที่ 2.2 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงต่างๆ	4
รูปที่ 2.2.3 สเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกและที่พื้นผิวโลก.....	4
รูปที่ 2.4 การเกิดรูรั่วโอโซนในช่วงปี 1979-2011 ของทวีปแอนตาร์กติกา (Nash E.S., 2010)	6
รูปที่ 2.5 การวัดปริมาณโอโซนในบรรยากาศ (http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/dobson.html)....	7
รูปที่ 2.6 เครื่องมือ OMI ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Aura	7
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV Transmission) และค่าความลึกเชิงแสงของเมฆ ที่มุม zenith และสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวโลกต่าง ๆ	10
รูปที่ 2.8 แผนภาพการทำงานของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอาทิตย์.....	11
รูปที่ 2.9 full wide half maximum	11
รูปที่ 2.10 เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอยู่ที่คณะวิทยาศาสตร์.....	12
รูปที่ 2.11 แผนภาพเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง	12
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ	13
รูปที่ 2.13 ค่าการตอบสนองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ DNA พืช และผิวหนัง	14
รูปที่ 2.14 การตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	14
รูปที่ 2.15 ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตและการป้องกัน	16
รูปที่ 2.16 ลักษณะการโคจรดาวเทียมชนิดวงโคจรค้างฟ้า.....	17
รูปที่ 2.17 ลักษณะการโคจรดาวเทียมชนิดวงโคจรผ่านขั้วโลก.....	18
รูปที่ 2.18 ลักษณะการโคจรดาวเทียมชนิดวงโคจรผ่านขั้วโลก.....	18
รูปที่ 3.1 หัวรับรังสีของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งบนดาวฟ้าอากาศ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร	29
รูปที่ 3.2 เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตของ Bentham ที่ติดตั้งที่มหาวิทยาลัยศิลปากร	29

รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต	30
รูปที่ 3.4 หน้าจอของโปรแกรม Benwin+.....	30
รูปที่ 3.5 สเปกตรัมฟรอนโฮเฟอร์ของรังสีอาทิตย์.....	32
รูปที่ 3.6 การสอบเทียบเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต	33
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างข้อมูลจากการสอบเทียบที่แต่ละความยาวคลื่นในเดือนธันวาคม 2017	33
รูปที่ 3.8 การแปรค่าของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แต่ละความยาวคลื่นของหลอดกำเนิดแสงมาตรฐาน	34
รูปที่ 3.9 การค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจากหลอดกำเนิดแสงมาตรฐาน	34
รูปที่ 3.10 การแปรค่า sensitivity ของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต	35
รูปที่ 3.11 การแปรค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจากดวงอาทิตย์.....	35
รูปที่ 3.12 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการแปลงค่าด้วย sensitivity เรียบร้อยแล้ว	36
รูปที่ 3.13 การติดเครื่องมือ OMI บนดาวเทียม AURA.....	37
รูปที่ 3.14 ลักษณะการวัดของ OMI/ AURA.....	37
รูปที่ 3.15 การเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม (UV_{OMI}) และจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน ($UV_{Bentham}$) ที่จังหวัดนครปฐมในสภาพท้องฟ้าทั่วไป.....	39
รูปที่ 3.16 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 305 นาโนเมตร.....	40
รูปที่ 3.17 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร.....	40
รูปที่ 3.18 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 324 นาโนเมตร.....	41
รูปที่ 3.19 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 380 นาโนเมตร.....	41

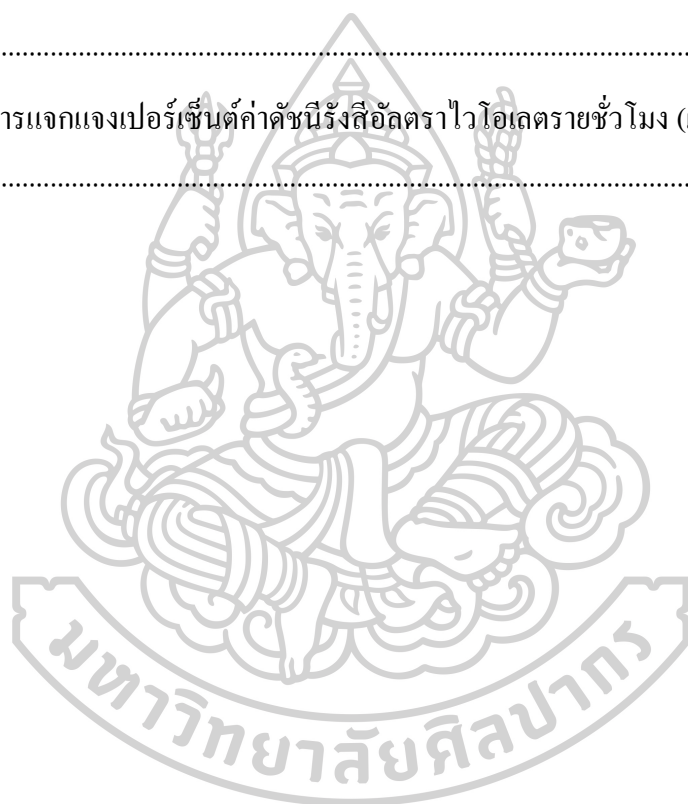
รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินต่อค่าที่ได้ดาวเทียม OMI/AURA ($UV_{\text{Bentham}}/UV_{\text{OMI}}$) และสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆ (CLT) ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324, 380 นาโนเมตร.....	43
รูปที่ 3.21 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้าที่ติดตั้งที่มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม	44
รูปที่ 3.22 ตัวอย่างภาพถ่ายท้องฟ้าจากเครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า.....	44
รูปที่ 3.23 การเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม (UV_{OMI}) และจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน (UV_{Bentham}) ที่จังหวัดนครปฐม ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ	45
รูปที่ 3.24 เครื่อง sunphotometer ที่จังหวัดนครปฐม	46
รูปที่ 3.25 อัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินต่อค่าที่ได้จากดาวเทียม ($UV_{\text{Bentham}}/UV_{\text{OMI}}$) และค่าความทึบเชิงแสงของฟูลนละอง (AOD) ที่ 340 นาโนเมตร	47
รูปที่ 3.26 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2010 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	49
รูปที่ 3.27 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2011 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	50
รูปที่ 3.28 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2012 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	51
รูปที่ 3.29 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2013 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	52
รูปที่ 3.30 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2014 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	53
รูปที่ 3.31 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนที่สถานีนครปฐม ปี 2015 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	54
รูปที่ 3.32 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2016 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	55
รูปที่ 3.33 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2017 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	56

รูปที่ 3.34 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนที่สถานีนครปฐม ปี 2010 – 2017 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD].....	57
รูปที่ 3.35 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2010	58
รูปที่ 3.36 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2011	58
รูปที่ 3.37 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2012	59
รูปที่ 3.38 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2013	59
รูปที่ 3.39 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2014.....	60
รูปที่ 3.40 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2015	60
รูปที่ 3.41 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2016	61
รูปที่ 3.42 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานี นครปฐมปี 2017	61
รูปที่ 3.43 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามฤดูกาลในรอบปีระยะเวลา ที่เวลาเที่ยงวันของ สถานีนครปฐมปี 2010-2017	62
รูปที่ 3.44 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ที่สถานีนครปฐม	63
รูปที่ 3.45 การแจกแจงดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงในเดือนต่างๆ ที่สถานีนครปฐม.....	64
รูปที่ 3.46 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมง ปี 2010 – 2017 ที่สถานี นครปฐม.....	65
รูปที่ 3.47 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมง (เช้า-บ่าย) ในเดือนต่าง ๆ ของสถานีนครปฐม	67

รูปที่ 3.48 การแปรค่าความลึกเชิงแสงฟูล์ของที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ปี ค.ศ. 2016	70
รูปที่ 3.49 การแปรค่าความลึกเชิงแสงฟูล์ของที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ปี ค.ศ. 2017	70
รูปที่ 3.50 การแปรค่าตัวเลขยกกำลังของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2016.....	71
รูปที่ 3.51 การแปรค่าตัวเลขยกกำลังของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2017.....	71
รูปที่ 3.52 การแปรค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของบรรยากาศของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2016.....	72
รูปที่ 3.53 การแปรค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของบรรยากาศของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2017.....	73
รูปที่ 3.54 การแปรค่าความสามารถในการกระเจิงรังสีของฟูล์ของ ปี ค.ศ. 2016.....	74
รูปที่ 3.55 การแปรค่าความสามารถในการกระเจิงรังสีของฟูล์ของ ปี ค.ศ. 2017	74
รูปที่ 3.56 การแปรค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฟูล์ของ ปี ค.ศ. 2016.....	75
รูปที่ 3.57 การแปรค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฟูล์ของ ปี ค.ศ. 2017.....	75
รูปที่ 3.58 การเปรียบเทียบโอโซนจากกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) และโอโซนจากการพยากรณ์ (GFS) ปี ค.ศ. 2016	76
รูปที่ 3.59 การเปรียบเทียบโอโซนจากกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) และโอโซนจากการพยากรณ์ (GFS) ปี ค.ศ. 2017	77
รูปที่ 3.60 แผนภูมิการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจาก แบบจำลอง UVSPEC	78
รูปที่ 3.61 การเปรียบเทียบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์ ($UVI_{Forecast}$) และจากการวัดจริง ($UVI_{Bentham}$) ที่เวลา 9.00 -15.00 น. ปี 2016.....	79
รูปที่ 3.62 การเปรียบเทียบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์ ($UVI_{Forecast}$) และจากการวัดจริง ($UVI_{Bentham}$) ที่เวลา 9.00 -15.00 น. ปี 2017.....	80

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 การจำแนกประเภทของฝุ่นละออง	8
ตารางที่ 2.2 ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก	15
ตารางที่ 3.1 สเปกตรัมของรังสีอาทิตย์ที่มีการดูดกลืนสูงในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต	31
ตารางที่ 3.2 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงในเดือนต่างๆ ที่สถานี นครปฐม	65
ตารางที่ 3.3 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมง (เช้า-บ่าย) สถานี นครปฐม	68



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์เป็นรังสีที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 100 – 400 นาโนเมตร ซึ่งมีความเข้มต่ำแต่มีพลังงานโฟตอนสูง (photon energy) โดยทั่วไปสามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้เป็น 3 ช่วง คือ รังสีอัลตราไวโอเล็ตซี มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100 – 280 นาโนเมตร รังสีอัลตราไวโอเล็ตบี มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280 – 320 นาโนเมตร และรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 320 – 400 นาโนเมตร รังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นรังสีที่ประสาทสัมผัสของมนุษย์รับรู้ไม่ได้แต่มีผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช ทั้งผลดีและผลเสีย ฤทธิ์ของผลดีคือรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถกระตุ้นให้ร่างกายมนุษย์สร้างวิตามินดีซึ่งทำให้กระดูกแข็งแรง สำหรับผลเสียจะเกิดขึ้นถ้าเราได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งผิวหนัง ในการหลีกเลี่ยงผลเสียและใช้ผลดีของรังสีอัลตราไวโอเล็ต เราจำเป็นต้องทราบปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับ

เนื่องจากข้อมูลความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศต่าง ๆ จึงได้ทำการจัดตั้งสถานีวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ แต่สถานีวัดภาคพื้นดินยังมีค่อนข้างจำกัด จึงมีการใช้ข้อมูลดาวเทียมซึ่งสามารถให้ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตครอบคลุมพื้นที่กว้าง แต่มีความละเอียดและถูกต้องขึ้นกับสถานะทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ที่ทำการวัด ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียมและข้อมูลจากการวัดภาคพื้นดิน เช่น Buchard (2008) ซึ่งทำการเปรียบเทียบข้อมูลรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเครื่องมือวัดภาคพื้นดินและจากข้อมูลดาวเทียมที่ประเทศฝรั่งเศสและพบว่าข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันประมาณ 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับประเทศไทยยังไม่มีมีการเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากการวัดและจากดาวเทียม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่วัด โดยเครื่องมือวัดภาคพื้นดินและเครื่องมือวัดที่ได้จากดาวเทียม พร้อมทั้งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการวัดจากเครื่องมือวัดภาคพื้นดินและเครื่องมือวัดดาวเทียม

โดยทั่วไป การบอกปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกจะบอกในรูปของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV index) ตามการกำหนดขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก ซึ่งมีนักวิจัยได้ทำการศึกษการแปรค่าของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตในประเทศต่างๆ (Gleason, 1993; Van de Leun, 1994) สำหรับกรณีประเทศไทย Janjai (2014) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสถิติของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต ในช่วงปี ค.ศ. 2005 - 2010 อย่างไรก็ตามข้อมูลดังกล่าวค่อนข้างเก่าจึงควรได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยมากขึ้น

ในปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อช่วยในการป้องกันอันตรายจากการรับรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Gomez, 2010; Janusz . 2001; Krzyscin, 2015) โดย Geomes และคณะ (2010) ได้ทำการพัฒนาวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ประเทศสเปน โดยใช้แบบจำลองการส่งผ่านรังสี SBDART และนำผลจากการพยากรณ์ไปเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดจริง พบว่ามีค่าแตกต่างกันประมาณ 10% สำหรับกรณีประเทศไทย มีการเสนอวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตล่วงหน้า 1 วัน ซึ่งวิธีการที่ใช้เป็นแบบเอมไพริคัล (empirical) ซึ่งอาจใช้งานได้เฉพาะที่ (Sudhibrabha, 2006) ดังนั้นในงานนี้ผู้วิจัยจึงได้เสนอวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตภายใต้ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ล่วงหน้า 1 ชั่วโมง โดยใช้แบบจำลองและข้อมูลทางฟิสิกส์ซึ่งมีความสากลมากกว่าทั้งนี้เพื่อใช้ในการเตือนภัยหรือบอกถึงระดับความรุนแรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม Aura/OMI กับข้อมูลวัดภาคพื้นดินที่สถานีนครปฐม
2. วิเคราะห์ลักษณะทางสถิติของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีนครปฐม
3. เพื่อพัฒนาการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม

บทที่ 2

หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

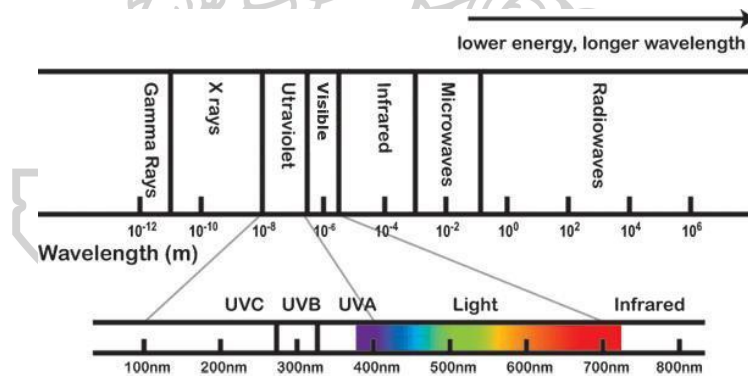
2.1 หลักทางวิชาการ

2.1.1 แหล่งกำเนิดและสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์แผ่รังสีออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ ออกมานี้ประกอบด้วย รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต แสงที่ตามองเห็นได้ รังสีอินฟราเรด คลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ แสดงดังรูปที่ 2.1 รังสีคลื่นสั้นจะมีพลังงานสูงใน ขณะที่รังสีคลื่นยาวจะมีพลังงานต่ำ โดยมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hv \quad (2.1)$$

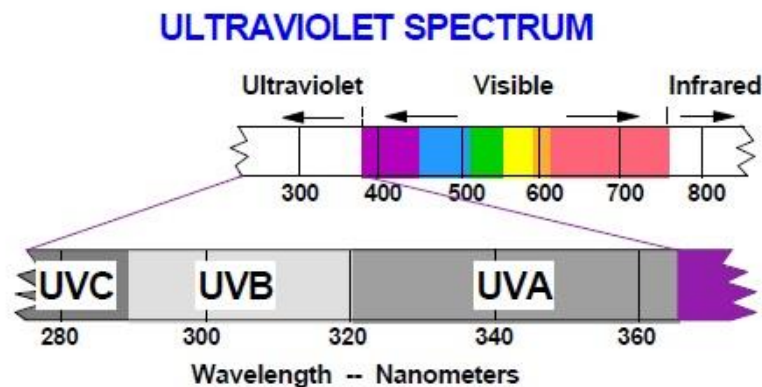
เมื่อ E คือ พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [J]
 h คือ ค่าคงที่พลังค์ [6.64×10^{-27} J·s]



รูปที่ 2.1 การแบ่งช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สำหรับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100-400 นาโนเมตร ถึงแม้จะมีความยาวคลื่นที่สั้นแต่มีพลังงานโฟตอนที่สูง โดยทั่วไปรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง ตามผลกระทบทางชีววิทยา (biological effect) และทางการแพทย์ ได้ดังนี้

1. UV-A มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 320 – 400 นาโนเมตร
2. UV-B มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280 – 320 นาโนเมตร
3. UV-C มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200 – 280 นาโนเมตร

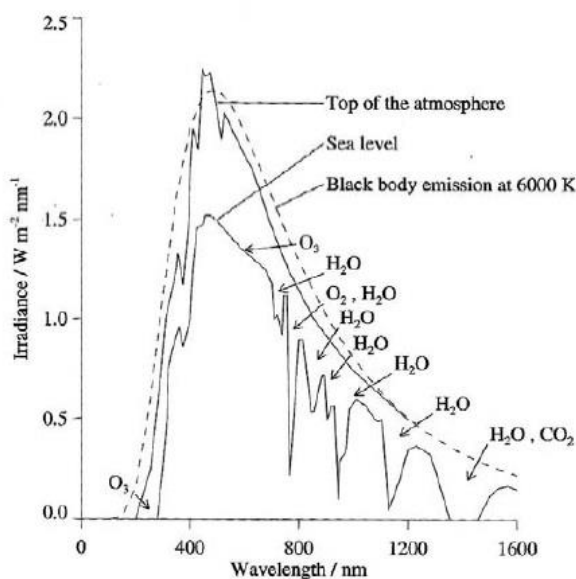


รูปที่ 2.2 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงต่างๆ

2.1.2 รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผ่านบรรยากาศโลก

รังสีอัลตราไวโอเล็ตนอกบรรยากาศโลกนั้นมีเพียง 9.3 เปรอร์เซ็นต์ของรังสีทั้งหมดที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมาได้ รังสีอัลตราไวโอเล็ตนอกบรรยากาศที่ผ่านเข้ามายังพื้นโลกบางส่วนจะถูกดูดกลืน กระจ่าง และสะท้อนโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศ โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะถูกดูดกลืนโดยโอโซน และออกซิเจนในชั้นบรรยากาศบนจนหมดทำให้ไม่มีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ผ่านมายังพื้นผิวโลกได้ มีเพียงรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอและรังสีอัลตราไวโอเล็ตบีเท่านั้นที่สามารถผ่านเข้ามายังพื้นผิวโลกได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

No table of figures entries found.

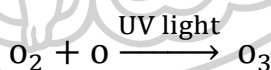


รูปที่ 2.2.3 สเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกและที่พื้นผิวโลก

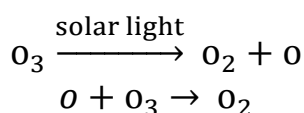
2.1.3 ผลของโอโซนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต

โอโซน คือ โมเลกุลของออกซิเจน 3 อะตอม (O_3) มาทำพันธะโคเวเลนต์ซึ่งกันและกัน โอโซนถูกพบมากที่บรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ โดยทั่วไปโอโซนสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ โอโซนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศสูง ๆ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เข้าสู่พื้นโลก โอโซนประเภทนี้จัดว่าเป็นโอโซนที่ดี และโอโซนที่ทำให้เกิดพิษ โดยมากจะเกิดเหนือพื้นผิวโลถึงความสูงประมาณ 2 กิโลเมตร โอโซนประเภทนี้จัดเป็นโอโซนประเภทไม่ดี ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดโอโซนประเภทนี้คือควันทจากการสันดาปของเครื่องยนต์ ในที่นี้จะกล่าวถึงโอโซนประเภทโอโซนดี

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าโอโซนเกิดจากการรวมตัวกันของออกซิเจน 3 โมเลกุล พบมากที่บรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ โดยเมื่อออกซิเจนในบรรยากาศได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลกลายเป็นอะตอมอิสระของออกซิเจนซึ่งเมื่ออะตอมออกซิเจนที่เกิดการแตกตัวนี้ไปรวมตัวกับโมเลกุลของออกซิเจนอื่น ๆ จะทำให้เกิดเป็นโมเลกุลของโอโซน กระบวนการเกิดโอโซนในธรรมชาติที่เกิดขึ้นนี้เป็นกระบวนการลูกโซ่ที่มีรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเรียกว่ากระบวนการโฟโตเคมี (Photochemical reaction) ดังนี้



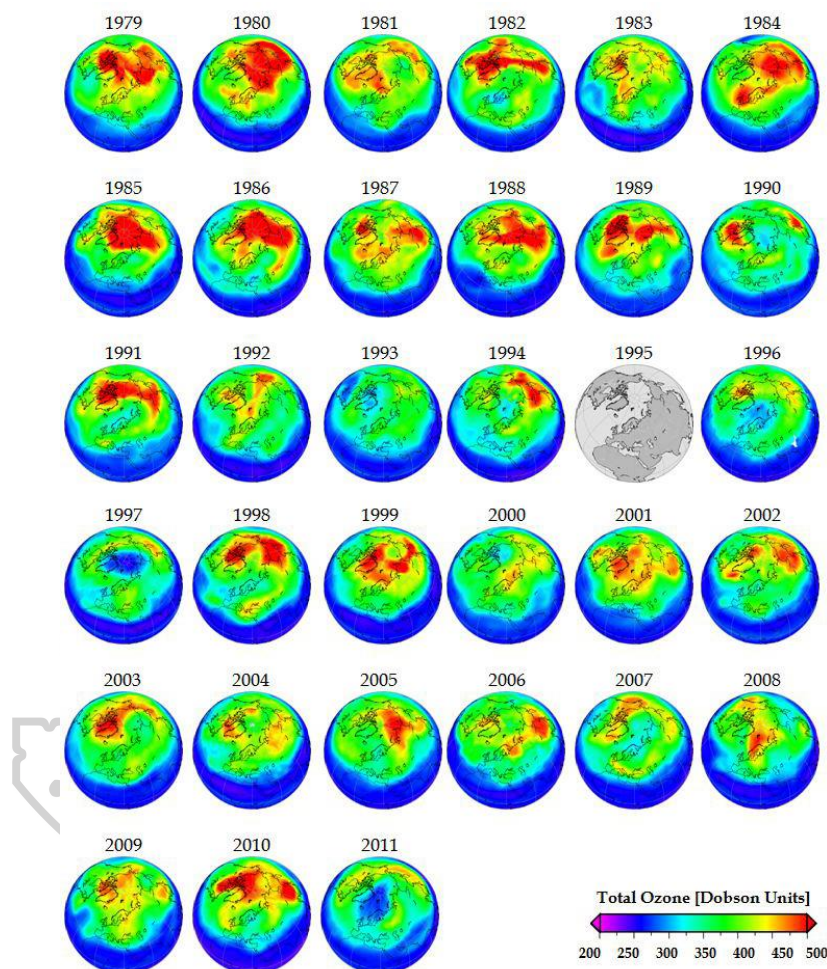
โอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์มีหน้าที่ในการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตคลื่นสั้นในช่วงความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร ซึ่งมีปฏิกิริยาดังนี้



การดูดกลืนของโอโซนนี้จะช่วยในการรักษาสมดุลรังสีอัลตราไวโอเล็ตไม่ให้ลงมาบนพื้นโลกมากเกินไปอันจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนพื้นโลกได้ ความสมดุลของโอโซนในชั้นบรรยากาศถูกกำหนดจากอัตราการเกิดและอัตราการทำลายของโอโซนในชั้นบรรยากาศ โอโซนสามารถถูกทำลายได้จากสารประกอบจำพวกคลอรีนออก

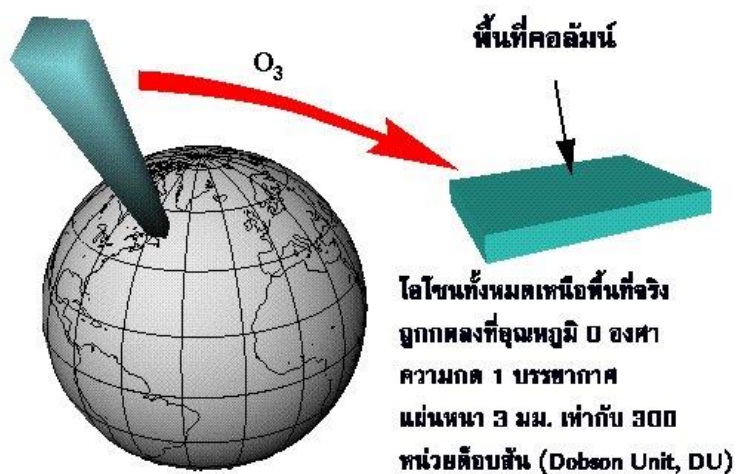
ไซค์และไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเกิดฟ้าแลบฟ้าร้อง นอกจากนี้ยังเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศขึ้น

ในปี ค.ศ. 1975 ได้มีการค้นพบรูรั่วโอโซน (ozone hole) ที่บริเวณทวีปแอนตาร์กติก พบว่าโอโซนถูกทำลายถึง 33% โดยเฉพาะในช่วงฤดูใบไม้ผลิ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเกิดรูรั่วโอโซนในช่วงปี 1979-2011 ของทวีปแอนตาร์กติกา (Nash E.S., 2010)

การบอกปริมาณโอโซนนิยมบอกโดยความหนาแน่นที่คอลัมน์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่ความดันอากาศ 1 บรรยากาศ หน่วยเป็น มิลลิ-บรรยากาศ-เซนติเมตร (milliatmosphere centimetre หรือ m-atm-cm) หรือ หน่วยด็อบสัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การวัดปริมาณ โอโซนในบรรยากาศ (<http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/dobson.html>)

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดโอโซนคือ ozone monitoring instrument (OMI) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Aura แสดงดังรูปที่ 2.6 โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ตามแนวละติจูดและลองจิจูด



รูปที่ 2.6 เครื่องมือ OMI ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Aura

2.1.4 ผลของฝุ่นละอองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคที่มีสถานะเป็นได้ทั้งของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ มีเส้นผ่านศูนย์กลางได้ตั้งแต่ 0.01 ไมโครเมตร จนถึง 100 ไมโครเมตร พบมากที่ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ บรรยากาศที่มีอนุภาคของฝุ่นละอองปะปนอยู่มากจะเกิดความขุ่นมัวของบรรยากาศ ฝุ่นละอองอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

หรืออาจจะเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งฝุ่นละอองสามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การจำแนกประเภทของฝุ่นละออง

ประเภท	ตัวอย่าง
กระบวนการเกิด (Generation process)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ฝุ่นละอองจากกระบวนการทางฟิสิกส์ เช่น การพัดพาจากลมทะเล การเผาไหม้ตามธรรมชาติ 2. ฝุ่นละอองจากกระบวนการทางเคมี เช่น การเปลี่ยนแปลงสถานะจากก๊าซไปเป็นอนุภาค
แหล่งที่อยู่ในบรรยากาศ (Atmospheric location)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศระดับสูง โดยมากจะมีขนาดเล็กมากๆ (0.01-0.1 ไมโครเมตร) 2. ฝุ่นละอองที่พบในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์
รูปแบบทางภูมิศาสตร์ (Geographical distribution)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ฝุ่นละอองภาคพื้นทวีป 2. ฝุ่นละอองจากแหล่งชุมชนเมือง 3. ฝุ่นละอองที่มากจากทะเล
ขนาดอนุภาค (Particle size)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร 2. ฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคมากกว่า 2.5 ไมโครเมตร
แหล่งที่มา (Source)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ 2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากธรรมชาติ

ฝุ่นละอองเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการลดทอนรังสีอาทิตย์ โดยเฉพาะรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งเมื่อรังสีอัลตราไวโอเลตตกกระทบกับโมเลกุลของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศจะเกิดการกระเจิงและดูดกลืน โดยสัดส่วนของการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตนี้จะขึ้นกับคุณสมบัติของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปนิยมนบอกปริมาณและขนาดของฝุ่นละอองด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร คือ สัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวบรรยากาศของอังสตรอม (β) และเลขยกกำลังอังสตรอม (α) ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ของ Angstrom's turbidity ดังสมการ

$$AOD_{\lambda} = \beta\lambda^{-\alpha} \quad (2.2)$$

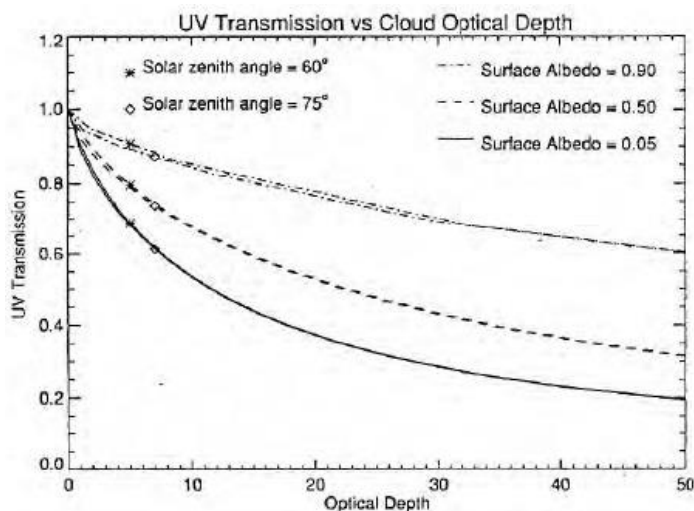
เมื่อ	AOD_{λ}	คือ ค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง [-]
	β	คือ ความขุ่นมัวของบรรยากาศของอสังสรอม [-]
	α	คือ เลขยกกำลังอสังสรอม [-]
	λ	คือ ความยาวคลื่น [nm]

2.1.5 ผลของเมฆต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต

เมฆ คือการรวมตัวกันหรือการเกาะตัวกันของละอองน้ำหรือเกร็ดน้ำแข็งในชั้นบรรยากาศ เมฆเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่สามารถลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ เนื่องจากเมฆสามารถดูดกลืนและสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งการดูดกลืนและการสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ตของเมฆนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของเมฆด้วย

การบอกปริมาณเมฆสามารถทำได้โดยการสังเกตด้วยตา การใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) การตรวจวัดด้วยเรดาร์ หรือการใช้ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม

โดยปกติในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทั่วท้องฟ้า (overcast) จะพบว่าปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีค่าลดลง แต่ในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนอาจจะพบปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากหรือน้อยก็ได้ขึ้นอยู่กับมุมของรังสีอาทิตย์ที่ตกลงบนก้อนเมฆ ผลของเมฆต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถบอกได้ในรูปของความลึกเชิงแสงของเมฆ (cloud optical depth) โดยพบว่าเมื่อความลึกเชิงแสงของเมฆเพิ่มขึ้น การส่งผ่านรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะลดลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังรูปที่ 2.7



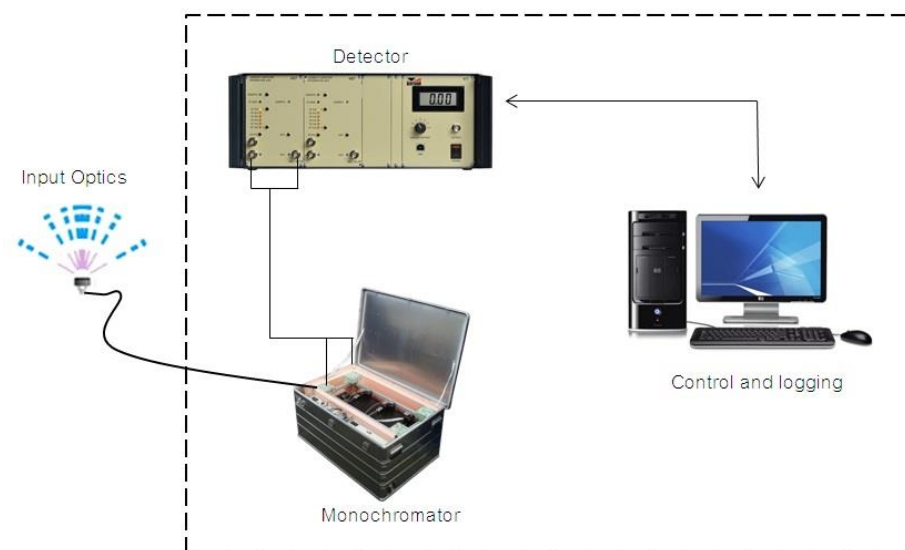
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV Transmission) และค่าความลึกเชิงแสงของเมฆ ที่มุม zenith และสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวโลกต่าง ๆ

2.1.6 การวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ต

เครื่องมือสำหรับวัดค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต (uv spectroradiometer) เครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (broadband radiometer) และเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ (multi-channel filter UV radiometer) โดยมีรายละเอียดดังนี้

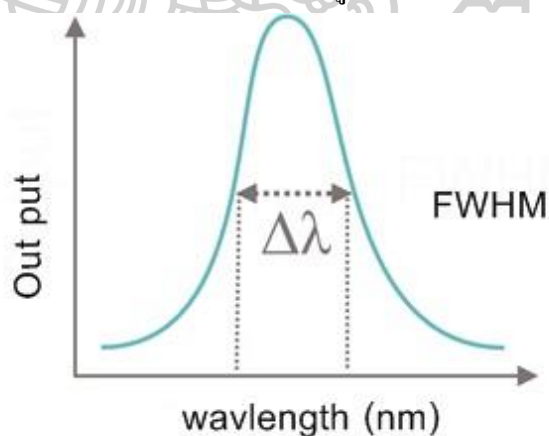
2.1.6.1 เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต

เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะวัดความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แต่ละความยาวคลื่น โดยรังสีอาทิตย์จะตกกระทบที่ตัวรับรังสี จากนั้นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แยกรังสี (monochromator) ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เส้นใยแก้วนำแสงจำพวกควอตซ์ (quartz fiber) เนื่องจากสามารถนำรังสีไปยังอุปกรณ์วัดรังสีได้ไกลหลายเมตรโดยที่ไม่มีการดูดกลืนรังสีมากเกินไป จากนั้นรังสีที่จะไปตกกระทบเครื่องวัด (detector) เพื่อทำการเปลี่ยนให้เป็นปริมาณไฟฟ้าและวัดจำนวนโฟตอนด้วย Photo Multiplier Tube ซึ่งจะมีระบบควบคุมและเก็บข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 แผนภาพการทำงานของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอาทิตย์

จากที่กล่าวข้างต้น อุปกรณ์หลักของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการแยกรังสีจะเป็น monochromator ซึ่งจะมีตัวบอกค่าความสามารถในการแยกรังสีที่ผ่านเข้าไปหลายความยาวคลื่นให้ออกเป็นความเข้มของแต่ละความยาวคลื่นที่เรียกว่า spectral resolution โดยจะนิยมบอกในรูปของ full wide half maximum (FWHM) ซึ่งค่า FWHM ที่ดีควรมีค่าไม่เกิน 1 นาโนเมตร แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 full wide half maximum

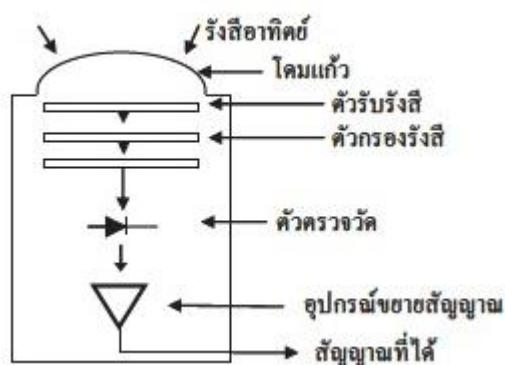
เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีความละเอียดอ่อนมากและมีราคาที่ยากแพง ในการใช้งานจึงต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้อยู่ผลิตโดยบริษัท Bentham ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากรแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งอยู่ที่คณะวิทยาศาสตร์

2.1.6.2 เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง

เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้างจะวัดค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตในความยาวช่วงกว้าง ซึ่งอาจครอบคลุมช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตเอและ/หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ตบี เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้างมีการวัดที่ไม่ซับซ้อนมากนักโดยจะมีอุปกรณ์สำหรับรับรังสีจากภายนอกเข้าไปภายในเครื่องผ่านไปยังแผ่นกรองแสงซึ่งแผ่นกรองนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อให้รังสีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ผ่านไปได้ จากนั้นรังสีจะไปยังตัววัดและจะถูกส่งผ่านไปยังวงจรมหาสัญญาณดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แผนภาพเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงความยาวคลื่นกว้าง

2.1.6.3 เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ

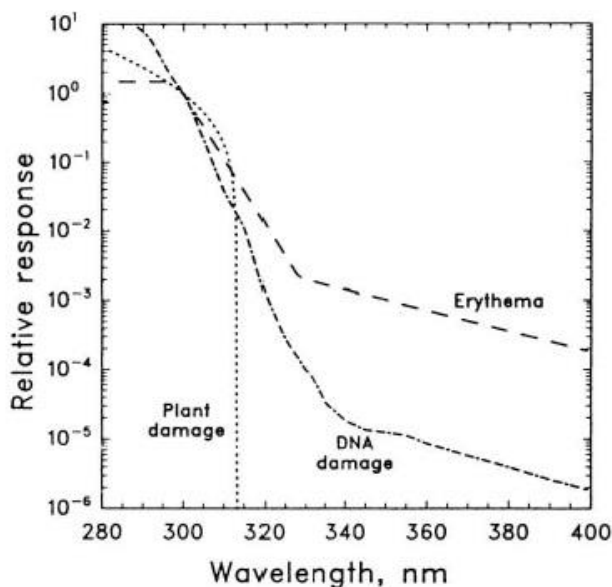
เครื่องวัดความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ จะทำการวัดค่าความยาวคลื่นครอบคลุมช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ประมาณ 6 ความยาวคลื่น โดยมี FWHD ที่แต่ละความยาวคลื่นกว้างประมาณ 10 นาโนเมตร ซึ่งมีหลักการคือ เมื่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตตกกระทบที่ตัวรับรังสีแล้ว รังสีจะผ่านแผ่นกรองแต่ละแผ่นซึ่งจะยอมให้รังสีบางความยาวคลื่นสามารถผ่านไปได้ จากนั้นจะไปตกกระทบที่ตัวตรวจวัดและได้สัญญาณไฟฟ้าออกมา สัญญาณเหล่านี้จะถูกนำไปแปลงค่าให้อยู่ในรูปความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยใช้ค่าการตอบสนองแต่ละช่องสัญญาณ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใช้แผ่นกรองรังสีหลายช่องสัญญาณ

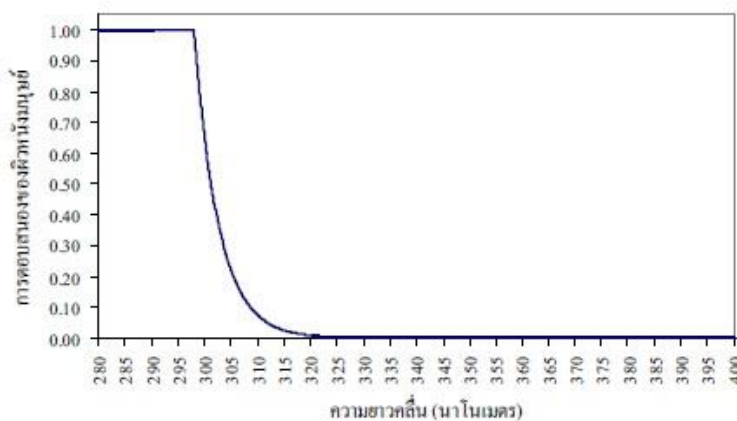
2.1.7 การตอบสนองรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อสิ่งมีชีวิต

เป็นที่ทราบกันดีว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมีผลต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่บนโลก โดยการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะแตกต่างกันซึ่งจะขึ้นกับปริมาณของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตและความยาวคลื่นที่ส่งผ่านมายังพื้นผิวโลก ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ค่าการตอบสนองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อ DNA พืช และผิวหนัง

สำหรับในมนุษย์ถ้าได้รับปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณที่มากจะก่อให้เกิดผิวหนังเป็นผื่นแดงหรือที่เรียกว่า ถูกแดดเผา (sun burn) และถ้ายังได้รับปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อไปอีกจะเป็นตัวก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนังขึ้นได้ การตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะเรียกว่า erythema response ลักษณะการตอบสนองดังกล่าวจะแสดงไว้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ค่าความเข้มของการตอบสนองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถหาได้จากสมการ (Dubrovsky, 2000) ดังนี้

$$I_{EUV} = \int_{280}^{400} R_{E\lambda} I_{\lambda} d\lambda \quad (2.3)$$

เมื่อ I_{EUV} คือ ความเข้มการตอบสนองของรังสีอัลตราไวโอเล็ต [W/m^2]
 I_{λ} คือ สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่แต่ละความยาวคลื่น [$W/m^2 \cdot nm$]
 $R_{E\lambda}$ คือ ฟังก์ชันการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ [-]
 λ คือ ความยาวคลื่น [nm]

2.1.8 ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต

เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ กล่าวคือถ้าได้รับปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากเกินไปอาจก่อให้เกิดอาการผิวหนังถูกแดดเผา (sun burn) ซึ่งเป็นตัวการที่ก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ ดังนั้นองค์การอนามัยโลก (World Health Organization ตัวย่อ WHO) จึงได้กำหนดระดับความรุนแรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อให้มนุษย์ได้ตระหนักถึงอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่จะเกิดขึ้นต่อผิวหนัง ซึ่งได้กำหนดระดับความรุนแรงในรูปของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV index) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก

ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต	ระดับความอันตราย
น้อยกว่า 2	ต่ำ (low)
3-5	ปานกลาง (moderate)
6-7	สูง (high)
8-10	สูงมาก (very high)
มากกว่า 11	สูงสุด (extreme)

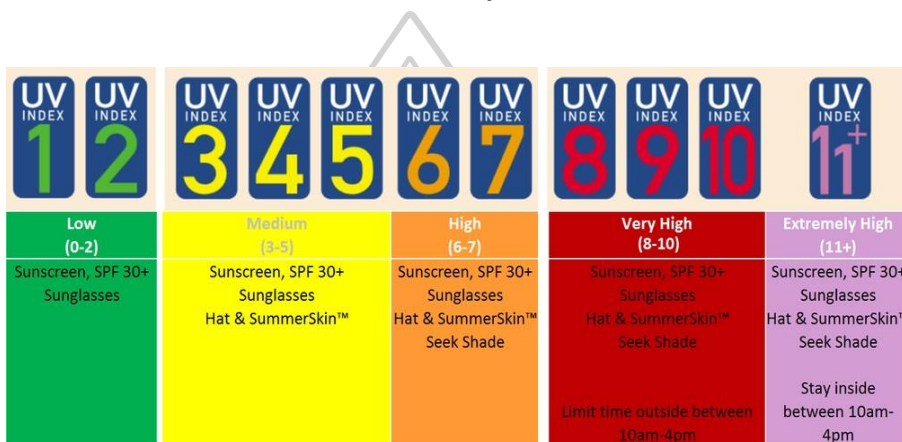
การคำนวณหาค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถหาได้ตามสมการ

$$UVI = \text{erythermal UV (mW/m}^2\text{)}/25(\text{m}^2/\text{mW})$$

หรือ

$$= \text{erythermal UV (W/m}^2\text{)} \times 40(\text{m}^2/\text{W}) \tag{2.4}$$

โดยปกติแล้วค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะอยู่ในช่วง 0-16 แต่อาจจะมีค่าสูงกว่านี้ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่ที่ระดับความสูงที่มีความแตกต่างกันออกไป ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตและการป้องกันแสงไว้ดังรูปที่ 2.15

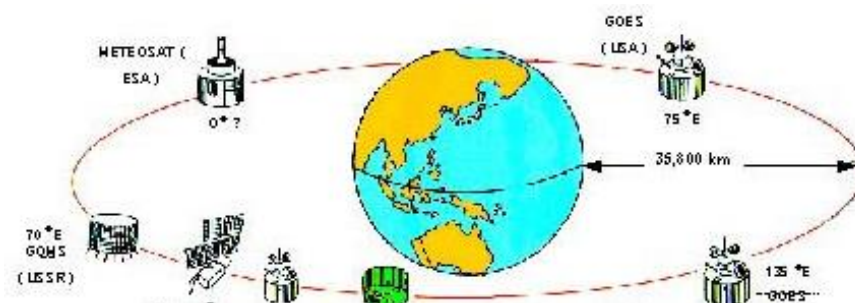


รูปที่ 2.15 ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตและการป้องกัน

2.1.9 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมกันอย่างแพร่หลายทั้งในด้านการสื่อสารและคมนาคม ด้านการอุตุนิยมวิทยาเพื่อการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติการสำรวจอวกาศด้านอวกาศที่ใช้ในการสำรวจดวงจันทร์และดาวเคราะห์ สำหรับดาวเทียมที่นิยมใช้ทางด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อให้ได้ข้อมูลของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เนื่องจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาสามารถบันทึกค่าข้อมูลที่มีความจำเป็นทางด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ต เช่น ข้อมูลโอโซน ข้อมูลปริมาณเมฆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวล้วนเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดาวเทียมชนิดวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite) และดาวเทียมชนิดวงโคจรผ่านขั้วโลก (Polar Orbiting Meteorological Satellite)

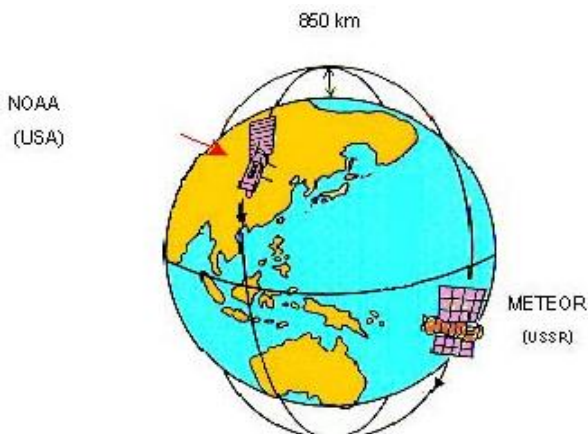
ดาวเทียมชนิดวงโคจรค้างฟ้าดังรูปที่ 2.16 เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของโลกกล่าวคือในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบของดาวเทียมจะเท่ากับการเคลื่อนที่รอบตัวเองของโลก คาบ



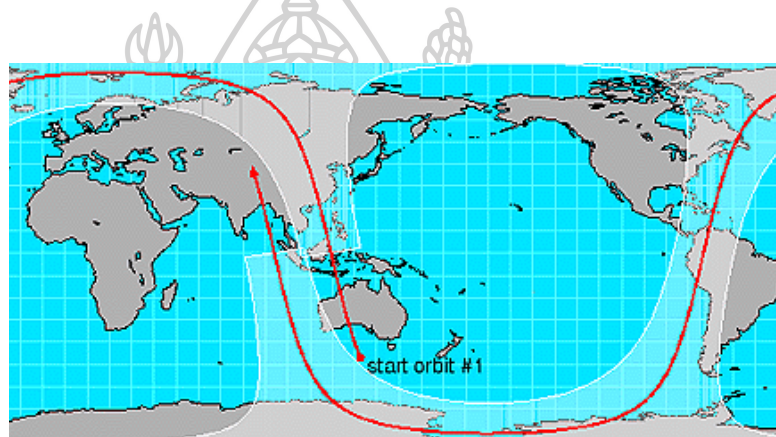
รูปที่ 2.16 ลักษณะการ โคจรดาวเทียมชนิดวง โคจรค้างฟ้า

การหมุนของโลกและคาบการหมุนของดาวเทียมจะมีค่าเท่ากัน รวมทั้งความเร็วเชิงมุมของโลกและดาวเทียมก็มีค่าเท่ากันเสมือนว่าดาวเทียมไม่มีการเคลื่อนที่เทียบกับโลก โดยดาวเทียมชนิดวงโคจรค้างฟ้าจะโคจรรอบโลกด้วยความสูง 35,786 กิโลเมตร ณ ที่ตำแหน่งศูนย์สูตรของโลก

ดาวเทียมชนิดวงโคจรผ่านขั้วโลกเป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรอยู่ในแนวขั้วโลกเหนือและใต้จะเคลื่อนที่ผ่านเส้นศูนย์สูตร 2 ครั้งตามเวลาที่ท้องถิ่นนั้นคือเคลื่อนที่ผ่านขั้วโลกเหนือไปขั้วโลกใต้ 1 ครั้งและเคลื่อนที่ผ่านขั้วโลกใต้ไปขั้วโลกเหนืออีก 1 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 2.17 และ 2.18 ในหนึ่งวันดาวเทียมชนิดนี้จะโคจรรอบโลกประมาณ 14 รอบ เนื่องจากอยู่ห่างจากพื้นโลกไม่มากประมาณ 850 กิโลเมตร ทำให้ใช้เวลาในการโคจรน้อยกว่าคือ 1 รอบของการโคจรใช้เวลาประมาณ 102 นาที ดาวเทียมชนิดนี้จะมีการถ่ายภาพและส่งสัญญาณข้อมูลในเวลาจริงที่พื้นที่นั้น ๆ ตามที่ดาวเทียมโคจรผ่าน



รูปที่ 2.17 ลักษณะการโคจรดาวเทียมชนิดวงโคจรผ่านขั้วโลก



รูปที่ 2.18 ลักษณะการโคจรดาวเทียมชนิดวงโคจรผ่านขั้วโลก

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Molina และคณะ (1974) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (chlorofluorocarbon; CFCs) ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมว่าอาจจะลอยขึ้นไปทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลก แม้ว่าจะมีการเตือนภัยเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นแต่ก็ยังมีการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนเป็นจำนวนมากอยู่ ต่อมา Farman และคณะ (1985) ทำการวิเคราะห์และวิจัยเกี่ยวกับปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศที่ประเทศอังกฤษและพบว่าที่บริเวณขั้วโลกใต้มีโอโซนในชั้นบรรยากาศลดลงถึง 40% ในระยะเวลา 10 ปี ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน โดยบริเวณที่พบการลดลงของโอโซนนี้จะพบว่ามีปริมาณโอโซนลดลงต่ำกว่า 220 DU ซึ่งภายหลังได้เรียกบริเวณนี้ว่ารูรั่วโอโซน (ozone hole) จากนั้นในปี 1986 Newman และคณะ ได้ทำการตีพิมพ์งานวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลโอโซนที่บ่งชี้ให้เห็นถึงการ

ลดลงของโอโซนด้วยดาวเทียม Nimbus 7 ที่บริเวณทวีปแอนตาร์กติกา นอกจากนี้ Proffitt และคณะ (1990) ได้ค้นพบกันลดลงของโอโซนที่บริเวณขั้วโลกเหนือ อีกทั้ง Gleason และคณะ (1993) ได้ค้นพบการลดลงของโอโซนที่บริเวณแถบศูนย์สูตร หลังจากการพบการลดลงของโอโซนในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ ทำให้เกิดการตระหนักถึงอันตรายของรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อคน สัตว์ พืช ทำให้นักวิทยาศาสตร์แต่ละประเทศตื่นตัวที่จะทำการวัดและคำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตด้วยวิธีการที่ต่างกันออกไปเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยวิธีการวัดและการคำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในช่วงที่มีการลดลงของโอโซนที่บริเวณทวีปแอนตาร์กติกา Ferderick และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ประเทศอาร์เจนตินา พบว่าในช่วงเดือนธันวาคมสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพิ่มขึ้นถึง 45% โดยเฉลี่ยในรอบหนึ่งทศวรรษ ต่อมา Eck และคณะ (1995) ได้พัฒนาแบบจำลองในการคำนวณสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ตกกระทบพื้นผิวโลกที่ประเทศแคนาดา ซึ่งใช้ข้อมูลโอโซนและข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ได้จากดาวเทียม TOMS/Nimbus-7 เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินด้วย Brewer spectroradiometer ที่เวลา 10.00-12.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ดาวเทียมผ่าน จากการเปรียบเทียบพบว่ามีความแตกต่างค่า root mean square difference เท่ากับ 9.3% และ mean bias difference เท่ากับ -1.2% โดยทั่วไประดับความสูงจากพื้นผิวโลกจะมีผลต่อค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ต ดังนั้น Piazena และคณะ (1996) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เทือกเขา Andes ประเทศชิลี โดยทำการวัดค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 313-374 นาโนเมตร และค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 308-318 นาโนเมตร ที่ระดับความสูงที่แตกต่างกันจนถึงที่ระดับความสูง 5000 เมตร พบว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 10% ต่อระดับความสูง 1000 เมตร ในทำนองเดียวกันกับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 15% ต่อความสูง 1000 เมตร

Zerefos และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามเวลาระยะยาวของ solar cycle และโอโซนในบรรยากาศที่เมือง Thessaloniki ประเทศกรีซ ด้วยเครื่อง Brewer spectroradiometer จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตประมาณ 10% ในรอบทศวรรษ ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศ ในปีเดียวกัน Krothov และคณะ (1998) ได้ทำการคำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆโดยใช้ข้อมูลโอโซนจาก Total Ozone Mapping Spectroradiometer (TOMS) บนดาวเทียม Nimbus 7

โดยอาศัยแบบจำลองการถ่ายเทรังสี DISORT ที่พัฒนาโดย Stamnes และทำการพิจารณาค่าการลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ตเนื่องจากฝุ่นละอองพบว่า percentage error ของข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมและการวัดภาคพื้นดินเป็น 12% และพบว่าในวันที่มีฝุ่นละอองมากค่า percentage error จะมีค่าสูงขึ้น Krothov และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาปริมาณเมฆที่มีผลต่อความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งใช้ข้อมูลจาก TOMS โดยทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเมฆ เพื่อทำการคำนวณค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกกรณีที่มีเมฆปกคลุม ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเมฆโดยการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมและใช้แบบจำลอง DISORT ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเมฆซึ่งเป็นฟังก์ชันกับความลึกเชิงแสงของเมฆ การลดทอนรังสีอาทิตย์บนพื้นโลกและมุมเซนนิท ในเวลาเดียวกัน Vanderbout และคณะ (2000) ได้เสนอการคำนวณค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตใน Europe โดยอาศัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา โดยการใช้ข้อมูลโอโซนจาก ERS.2/GOME และข้อมูลรังสีอัลตราไวโอเล็ตจาก MVIR I/Meteosat ร่วมกับแบบจำลองการส่งผ่านรังสี UVSPEC สร้าง Look Up Table เพื่อคำนวณค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลก นอกจากนี้ยังได้นำเอาข้อมูลจากดาวเทียม MVIR I/Meteosat ในช่วง visible และ infrared มาจำแนกลักษณะพื้นที่ที่เป็นหิมะและที่เมฆปกคลุมทำให้สามารถหาค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิวโลกที่ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง Kalliskalo และคณะ (2000) ได้ทำการเปรียบเทียบรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายวันจาก TOM/Nimbus-7 กับเครื่องมือวัดภาคพื้นดินโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต SUV-100 ที่ 3 สถานีนั่นคือ Ushuaia/Argentina, Palmer/Antarctica และ San Diego/California จากผลการเปรียบเทียบพบว่าค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จาก TOMS และภาคพื้นดิน มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่คล้ายกันทุกสถานีโดย TOMS วัดค่าได้สูงกว่าค่าที่ได้จากภาคพื้นดินโดยที่ San Diego ค่าที่วัดจาก TOMS มีค่าสูงกว่าภาคพื้นดินเป็น 25% ในขณะที่สถานี Ushuaia และ Palmer วัดค่าได้ -13% และ -35% ตามลำดับ

ในปี 2007 Adam และ Shazly ได้ทำการศึกษาการลดลงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งเป็นผลกระทบมาจากเมฆโดยใช้เครื่อง UVB-1 จากบริษัท Yankee Environmental System ในการวิเคราะห์การลดลงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเมฆ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งเมฆออกเป็น 8 ส่วน จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า เมฆสามารถลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดีโดยสามารถลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดีสูงถึง 83% ในปีเดียวกัน Tanskanen และคณะ (2007) ได้ทำการเปรียบเทียบรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกับผิวหนังมนุษย์จากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตและจาก OMI/Aura ที่ 18 สถานี พบว่า ในสถานีที่มี

ท้องฟ้าปราศจากเมฆและมีการดูดกลืนฝุ่นละอองเพียงเล็กน้อย รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จาก OMI วัดค่าได้สูงกว่าเครื่องวัดภาคพื้นดิน 0-10% ส่วนสถานที่ที่มีฝุ่นละอองมากจะพบว่าค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จาก OMI วัดค่าได้สูงกว่าเครื่องวัดภาคพื้นดินถึง 50%

Ialongo และคณะ (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบโอโซนและรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่วัดได้จาก OMI/Aura กับโอโซนที่วัดได้จากเครื่อง Brewer spectroradiometer และรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่วัดได้จากเครื่อง UVB-1 จากบริษัท Yankee Environmental System ที่เมืองโรมประเทศอิตาลี ผลการเปรียบเทียบโอโซนจาก OMI และ Brewer spectroradiometer พบว่า OMI วัดค่าได้สูงกว่าเล็กน้อยประมาณ -1.8% ในทำนองเดียวกันกับการเปรียบเทียบรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ด้วย OMI และ UVB-1 พบว่า OMI วัดค่าได้สูงกว่าประมาณ 20% ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปว่าความแตกต่างของข้อมูลดังกล่าวเป็นผลมาจากฝุ่นละออง ในปีเดียวกันนั้น Buchard และคณะ (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบโอโซนและสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จาก OMI กับ เครื่องมือวัดภาคพื้นดินที่ Villeneuve d' Ascq และ Briancon ที่ประเทศฝรั่งเศส ในส่วนของการเปรียบเทียบโอโซนที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินโดยเครื่อง spectroradiometer และที่ได้จาก OMI จะทำการแบ่ง algorithm ออกเป็น 2 ตัวคือ OMI-TOMS และ OMI-DOAS ผลจากการเปรียบเทียบพบว่า OMI-TOMS ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า OMI-DOAS ทั้งสองสถานที่ โดยมีค่าความแตกต่างสัมพัทธ์เป็น 5% และ 7% ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จาก OMI และเครื่องวัดภาคพื้นดินในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆพบว่าทั้ง 2 สถานที่ OMI วัดค่าได้สูงกว่าเครื่องวัดภาคพื้นดิน โดยที่เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 สถานที่พบว่าที่ Villeneuve d' Ascq จะวัดค่าความแตกต่างสัมพัทธ์ได้ต่ำกว่าที่ Briancon เนื่องจากที่ Briancon มีหิมะปกคลุมมากกว่าที่ Villeneuve d' Ascq ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลว่า สัมประสิทธิ์การสะท้อนของหิมะมีผลต่อความแตกต่างของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต

Anton และคณะ (2010) ทำการเปรียบเทียบรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์และสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 305 310 และ 324 นาโนเมตร จากเครื่องวัดภาคพื้นดิน Brewer spectroradiometer และ OMI/Aura ที่ El Arenosillo/Spain โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่มีผลต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั่นคือทำการวิเคราะห์ผลของเมฆและผลของฝุ่นละอองซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ห้อยู่ในช่วง ตุลาคม 2004 – ธันวาคม 2008 โดยจะทำการเลือกพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเมฆคือทำการเลือกใช้ข้อมูล Lambertian

Equivalent Reflectivity ที่ 360 นาโนเมตร และเลือกใช้ Aerosol optical depth ที่ 440 นาโนเมตร เพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบของฝุ่นละอองโดยวัดจากเครื่อง Cimel sunphotometer และนำไปประมวลผลที่เว็บไซต์ AERONET ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบของเมฆพบว่าในกรณีท้องฟ้าทั่วไป OMI วัดค่าได้สูงกว่าเครื่องวัดภาคพื้นดินโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์มีค่า RMSD 12.3% และสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 305 310 และ 324 มีค่า RMSD เป็น 14.2% 10.6% และ 8.9% ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้สรุปว่าค่า RMSD จะลดลงเมื่อเมฆมีค่าลดลงซึ่งค่า RMSD จะลดลงไปประมาณ 10 % ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลของฝุ่นละอองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตพบว่าฝุ่นละอองมีผลต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดย OMI จะวัดค่าได้สูงกว่าเครื่องวัดภาคพื้นดินโดยมีค่า RMSD ประมาณ 20% ในวันที่มีฝุ่นมากและพบว่าในวันที่มีค่าฝุ่นละอองน้อยนั่นคือ AOD น้อยกว่า 0.25 ค่า RMSD จะอยู่ที่ 8-12%

เนื่องจากปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีเพิ่มมากขึ้นทุกปีและประชาชนโดยทั่วไปได้ตระหนักถึงอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากขึ้นทำให้นักวิจัยหันมาสนใจเกี่ยวกับการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตมากขึ้นเพื่อเป็นการคาดการณ์ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้แก่ประชาชนเพื่อเตรียมรับมือเกี่ยวกับการป้องกันตนเองให้ไม่เป็นอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดย

Janusz และคณะ (2001) ทำการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้สำหรับการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งทำการศึกษาที่ประเทศโปแลนด์ โดยทำการศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั่นคือ โอโซน ฝุ่นละอองและเมฆ โดยแบ่งกรณีในการศึกษาออก 2 กรณี นั่นคือกรณีที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆและกรณีท้องฟ้าทั่วไป พิจารณาร่วมกับแบบจำลอง TUV (Tropospheric ultraviolet and visible model) ข้อมูลโอโซนได้จากการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังเพื่อมาทำนายโอโซนในวันต่อไป ข้อมูลโอโซนในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลโอโซนจาก CDAS สำหรับข้อมูลฝุ่นละอองผู้วิจัยได้ทำการใช้ข้อมูลในลักษณะการพิจารณาแบบระยะยาวกล่าวคือใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 1993-1999 จากเครื่อง Brewer spectroradiometer เป็นตัวแทนข้อมูลของฝุ่นละอองในวันที่จะทำการพยากรณ์ สำหรับข้อมูลเมฆจะใช้ในการพิจารณาการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตในสภาพท้องฟ้าทั่วไปเนื่องจากจะต้องพิจารณาผลของเมฆด้วย โดยจะพิจารณาข้อมูลความลึกเชิงแสงของเมฆเพื่อทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ของเมฆและทำการคูณเข้ากับค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากแบบจำลอง TUV ที่ให้ค่าออกมาในลักษณะแบบท้องฟ้าปราศจาก

เมฆเพื่อทำการหาค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากการพยากรณ์ เมื่อได้ค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์แล้วผู้วิจัยจะทำการนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้น จากผลการทดลองพบว่า ในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์และจากเครื่องวัดภาคพื้นดินมีความแตกต่างกันประมาณ 10% ในทำนองเดียวกันกับกรณีท้องฟ้าทั่วไปค่าความแตกต่างระหว่างรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์และจากเครื่องวัดภาคพื้นดินมีค่าความแตกต่างประมาณ 15%

Geomez และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยอยู่บนพื้นฐานระบบปฏิบัติการ SBDART (Santa Barbara DISORT Atmospheric Radiative transfer model) โดยทำงานร่วมกันกับกรมสิ่งแวดล้อมของวาเลนเซีย ประเทศสเปน ซึ่งในงานวิจัยได้ทำการศึกษาที่ 5 สถานที่ของประเทศสเปนคือ Prat de Cananes, Aras delos Olmos, Valencia, Denia และ Lamata โดยในระบบใหม่จะทำการใช้โอโซนที่ได้จากการพยากรณ์ GFS (Global Forecasting System) แทนโอโซนในระบบเดิมที่ได้จาก OMI (Ozone Monitoring Instrument) ซึ่งระบบใหม่ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นนี้สามารถพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ล่วงหน้า 3 วัน ในขณะที่ระบบเดิมทำได้เพียงล่วงหน้าเพียงหนึ่งวัน จากนั้นผู้วิจัยได้นำรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์ในระบบใหม่มาทำการเปรียบเทียบกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์ในระบบเดิมพบว่าทุกสถานีมีค่าความแตกต่างระหว่างระบบการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบใหม่และระบบรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบเก่าน้อยกว่า 10%

รังสีอัลตราไวโอเล็ตไม่ได้เพียงแต่มีโทษต่อสิ่งมีชีวิตเท่านั้นหากแต่มีประโยชน์ร่วมอยู่ด้วยนั่นคือสามารถรักษาโรคสะเก็ดเงินได้ โดยในปัจจุบันผู้ป่วยโรคสะเก็ดเงินสามารถรักษาได้โดยการอาบรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้ Krzyscin และคณะ (2015) ได้ทำการสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อใช้ในการรักษาโรคสะเก็ดเงิน (Antipsoriatic) ที่ประเทศโปแลนด์ด้วยวิธีธรรมชาติบำบัดกล่าวคือเป็นการใช้วิธีรับรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบธรรมชาติแทนการอาบรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครื่อง broadband instrument ของบริษัท Solar Light ในการเก็บข้อมูลรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลกับผิวหนังมนุษย์และ antipsoriatic irradiance โดยทำการพยากรณ์ โดยการพิจารณาเมฆเป็นหลักโดยทำการแบ่งช่วงเวลาในการรักษาที่ขึ้นปริมาณเมฆในแต่ละวันด้วยตัวแปร CMF จากนั้นใช้แบบจำลองของ antipsoriatic ในการแปลงค่าให้ได้ข้อมูลของโรคสะเก็ดเงินเพื่อนำไปพยากรณ์ระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาโรคสะเก็ดเงิน ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อใช้ในการรักษาโรคสะเก็ดเงิน (Minimum

Antipsoriatic Dose; MAD) จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณการอาบรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับรักษาโรคสะเก็ดเงิน จากผลการเปรียบเทียบพบว่าแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์การรักษาโรคสะเก็ดเงินโดยวิธีอาบรังสีตามธรรมชาติมีความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ 91% ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอาบรังสีเพื่อให้ได้รับปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่น้อยที่สุดเพื่อใช้รักษาโรคสะเก็ดเงินอยู่ในช่วง 9-13 นาฬิกา ตามเวลาท้องถิ่นของประเทศโปแลนด์

ในปี 2017 Ravinesh และคณะ (2017) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ในระยะสั้น โดยใช้วิธีการจำลองวิธีการทำงานของสมองมนุษย์เพื่อช่วยในการเรียนรู้และจดจำรูปแบบและสร้างความรู้ใหม่ด้วย ELM (Extreme Learning Machine) โดยใช้มุมมองเชิงควาทิตย์เป็นรูปแบบในการสอน โดยแบ่งการพิจารณาการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตออกเป็น 2 รูปแบบคือการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตรวมและการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบกระจาย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี ELM ไปเปรียบเทียบกับแบบจำลอง MARS, M5 Model Tree และ Pro 5 UV ในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ จากผลการทดลองและเปรียบเทียบพบว่า ในรูปแบบการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบกระจายพบว่าแบบจำลอง ELM มีประสิทธิภาพดีกว่าโดยพิจารณาค่า r^2 ของแบบจำลอง ELM, MARS และ M5 Model Tree เป็น 0.96, 0.96 และ 0.95 สำหรับรูปแบบการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตรวมพบว่าค่า r^2 ของแบบจำลอง ELM, MARS, M5 Model Tree และ Pro6 UV เป็น 0.89, 0.90, 0.89 และ 0.89 แม้ว่าแบบจำลอง MARS ดูเหมือนจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแต่เมื่อพิจารณาค่าความผิดพลาดในรายชั่วโมงจะพบว่าแบบจำลอง ELM มีความผิดพลาดในรายชั่วโมงต่ำกว่าจะทำให้แบบจำลอง ELM มีประสิทธิภาพดีกว่า

จากงานวิจัยของต่างประเทศที่ผ่านมาทำให้เห็นว่าในหลาย ประเทศมีวิธีการในการศึกษาเกี่ยวกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แตกต่างกันออกไป สำหรับประเทศไทยได้มีงานวิจัยในการศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตดังนี้

เกษรินทร์ ห่านประเสริฐ (2003) ทำการศึกษาสหสัมพันธ์ของดัชนีเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดวงอาทิตย์ในสภาวะท้องฟ้าปราศจากเมฆ ซึ่งทำการศึกษาที่ 4 สถานีหลักของประเทศไทยนั้นคือ เชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และ สงขลา โดยใช้ข้อมูลความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์จากเครื่อง Broadband UV radiometer โดยข้อมูลจากสถานีเชียงใหม่และนครปฐมข้อมูลที่วัดจะอยู่ในช่วงปี 1998-2002 สำหรับที่สถานีอุบลราชธานีและสงขลา

ข้อมูลที่วัดจะอยู่ในช่วงปี 2000-2002 และใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม GMS5 ในช่วงความยาวคลื่นแสงสว่างเพื่อหาค่าดัชนีเมฆ ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์จะเริ่มจากกรณีข้อมูลรายชั่วโมงโดยการหาค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงที่วัดได้กับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่คำนวณได้ในสถานะท้องฟ้าปราศจากเมฆ ซึ่งคำนวณจากแบบจำลอง UVSPEC จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟกับค่าดัชนีเมฆที่ได้จากดาวเทียมที่ทำการแปลงค่า gray level จากดาวเทียม จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของดัชนีเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดวงอาทิตย์รายชั่วโมง รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน รายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ยกกำลังสองเป็น 0.70 0.72 0.71 และ 0.78 ตามลำดับ เนื่องจากข้อมูลสหสัมพันธ์ทั้ง 4 สถานะมีค่าใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการนำข้อมูลสหสัมพันธ์ทั้ง 4 มาทำการหาค่าสมการที่ใช้แทนค่าเพื่ออธิบายอัตราส่วนระหว่างความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงที่วัดได้กับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่คำนวณได้ในสถานะท้องฟ้าปราศจากเมฆจากการ normalize ultraviolet กับดัชนีเมฆ ในกรณีต่างๆเทียบกับข้อมูลอิสระ พบว่าค่าความแตกต่างที่ได้จากแบบจำลองและการวัดในรูป RMSD มีค่าเป็น 30% 20% 19% และ 11% ตามลำดับ

สัมฤทธิ์ สุทธิประภา (2004) ทำการสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตในประเทศไทยในสถานะท้องฟ้าปราศจากเมฆโดยทำการพิจารณาที่ 4 ภูมิภาคของประเทศไทยคือ เชียงใหม่ อุบลราชธานี กรุงเทพมหานครและ สงขลา ขึ้นตอนในการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตเริ่มจากการพยากรณ์ข้อมูลโอโซน โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่ายร่วมกับข้อมูลตัวแปรทางอากาศที่มีผลกับโอโซน สำหรับข้อมูลโอโซนที่สถานีกรุงเทพสามารถได้รับค่าโดยตรงจากเครื่องมือ Dobson spectroradiometer สำหรับสถานีอื่นจะใช้ข้อมูลตัวแปรทางบรรยากาศร่วมกับการปล่อยบอลลูนตรวจอากาศมาทำการพยากรณ์ค่าข้อมูลโอโซน สำหรับข้อมูลฝุ่นละอองผู้วิจัยใช้ข้อมูลฝุ่นละอองในการพิจารณาแบบระยะยาว จากนั้นจะนำข้อมูลที่เตรียมไว้มาทำการพยากรณ์หาค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตและนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแบบจำลองรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้ข้อมูลการวัดจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน Brewer spectrophotometer ที่สถานีกรุงเทพและสงขลา จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลองมีค่าความถูกต้องในการพยากรณ์โอโซนและดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่า 0.88 และ 0.99 ตามลำดับ สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแบบจำลองการ

พยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตกับค่าจากการวัดจริงจากเครื่องวัดภาคพื้นดินเป็น 1.5% และ 7.5% ตามลำดับ

กิริติ เกิดศรี (2006) ทำการศึกษาลักษณะทางสถิติและแบบจำลองของรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในประเทศไทยที่ 4 สถานีหลัก ได้แก่ เชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และสงขลา ข้อมูลที่นำมาทำการทดลองจะอยู่ในช่วงปี 2001-2005 ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมากจนถึงระดับรุนแรง โดยสถานีสงขลามีค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์สูงที่สุดนั่นคือ $5.69 \text{ kJ/m}^2\text{-day}$ ขณะที่สถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานีและ นครปฐมมีค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์คล้ายคลึงกันนั่นคือ 4.31 4.61 และ $4.63 \text{ kJ/m}^2\text{-day}$ ตามลำดับ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์กับค่าความเข้มรังสีรวมในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆและกรณีมีเมฆปกคลุม ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ที่คำนวณได้ความแตกต่างจากที่วัดได้ในรูป RMSD เป็น 15% และ 20% ตามลำดับ

ศุภวัฒน์ วิสุทธิศิริกุล (2011) ได้ทำการศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สถานีวัด 4 แห่งในภูมิภาคประเทศไทยนั่นคือ สถานีอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ สถานีอุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัด อุบลราชธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก จังหวัดสงขลา และที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม โดยใช้ข้อมูลวัดภาคพื้นดินด้วยเครื่องวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตแบบหลายช่องสัญญาณ ซึ่งข้อมูลจากเครื่องวัดดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการนำมาคำนวณหาค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์และค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต จากผลการวิเคราะห์พบว่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆรายชั่วโมงที่เวลาเที่ยงวันมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมากจนถึงระดับรุนแรงตามกำหนดการจำแนกขององค์การอนามัยโลกโดยเฉพาะที่จังหวัดสงขลามีค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ นั่นคือมีค่าเท่ากับ 18 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากข้อมูล OMI และจากการวัดภาคพื้นดินที่ 4 สถานี ที่เวลา overpass time พบว่าในกรณีท้องฟ้าทั่วไปดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จาก OMI มีค่าสูงกว่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินโดยมีค่า MBD ของสถานีเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และ สงขลาเป็น 30%, 28%, 13% และ 16% ตามลำดับ สำหรับใน

กรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆให้ผลในลักษณะเดียวกันคือ ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จาก OMI มีค่าสูงกว่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินโดยมีค่า MBD ของสถานเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครปฐม และ สงขลาเป็น 38%, 31%, 21% และ 15% ตามลำดับ เป็นผลอันเนื่องมาจากฝุ่นละออง การเปลี่ยนแปลงของเมฆ และเนื่องจากดาวเทียมมีการวัดข้อมูลในลักษณะเป็นค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ ในขณะที่เครื่องวัดภาคพื้นดินเป็นการวัดในลักษณะที่จุดใดจุดหนึ่ง ณ ขณะนั้น

จะเห็นได้ว่าจากงานวิจัยที่ศึกษามาประเทศไทยยังไม่มีการศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ และการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตอย่างแพร่หลาย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตและผลของตัวแปรที่มีผลต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมกับข้อมูลที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินเพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ต่อไป นอกจากนี้ยังได้ทำการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆด้วย



บทที่ 3

วิธีการและผล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่จังหวัดนครปฐม โดยแบ่งงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินและจากข้อมูลดาวเทียม การศึกษาสถิติของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต และพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การวัดและการบันทึกข้อมูล

ในงานวิจัยทั้ง 3 ส่วนผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต (spectroradiometer) รุ่น DMC150 ซึ่งผลิตจากบริษัท Bentham ประเทศอังกฤษ เครื่องมือดังกล่าวถูกติดตั้งที่อาคารวิทยาศาสตร์ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม (13.82°N , 100.04°E) โดยเครื่องมือนี้จะทำการวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แต่ละความยาวคลื่นตั้งแต่ 260 – 420 นาโนเมตร โดยช่วงกว้างของการวัดแต่ละความยาวคลื่นประมาณ 1 นาโนเมตร

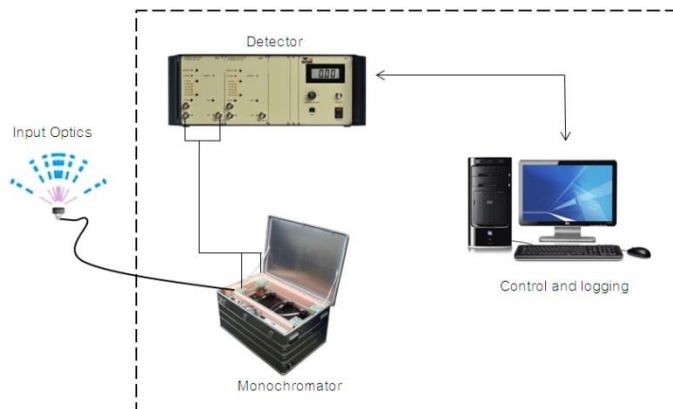
ในการทำงานรังสีตกกระทบตัวรับรังสีแล้วจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แยกรังสี (monochromator) โดยจะเดินทางไปตามเส้นใยแก้วนำแสง รังสีที่ถูกแยกความยาวคลื่นแล้วจะไปตกกระทบ detector เพื่อทำการเปลี่ยนให้เป็นค่ากระแสไฟฟ้า จากนั้นข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ที่คอมพิวเตอร์โดยมีโปรแกรม Benwin+ ซึ่งเป็นตัวประมวลผลและเก็บข้อมูล รูปที่ 3.1 – 3.4 โดยผู้วิจัยได้ทำการวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเครื่องดังกล่าวในช่วงปี ค.ศ. 2015 – 2017 และได้รวบรวมข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 – 2014 ผู้วิจัยใช้ข้อมูลในงานวิจัยนี้ทั้งหมดจำนวน 8 ปี (2010 - 2017)



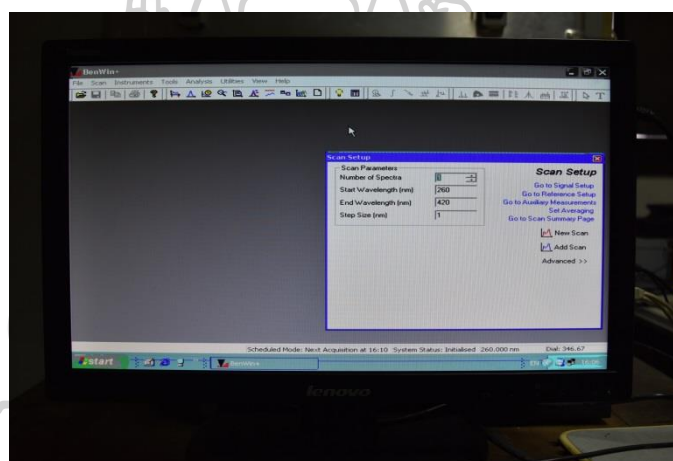
รูปที่ 3.1 หัวรับรังสีของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ติดตั้งบนอาคาร
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตของ Bentham ที่ติดตั้งที่มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต



รูปที่ 3.4 หน้าจอของโปรแกรม Benwin+

เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะทำการวัดรังสีจากดวงอาทิตย์ทุกๆ 10 นาที โดยในแต่ละครั้งของการวัดรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะใช้เวลาประมาณ 2 นาที ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ในหน่วย nA ในแต่ละความยาวคลื่นซึ่งจะยังไม่สามารถนำค่านี้มาใช้ได้โดยตรง เราต้องทำการแปลงค่าให้อยู่ในรูปของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยใช้สมการ

$$I_{\lambda} = \frac{C_{\lambda}}{S_{\lambda}} \quad (3.1)$$

เมื่อ	I_λ	คือ	ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแต่ละความยาวคลื่น [mW/m ² – nm]
	C_λ	คือ	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดในแต่ละความยาวคลื่น [nA]
	S_λ	คือ	ค่า sensitivity ของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต [nA/(mW/m ²) – nm]

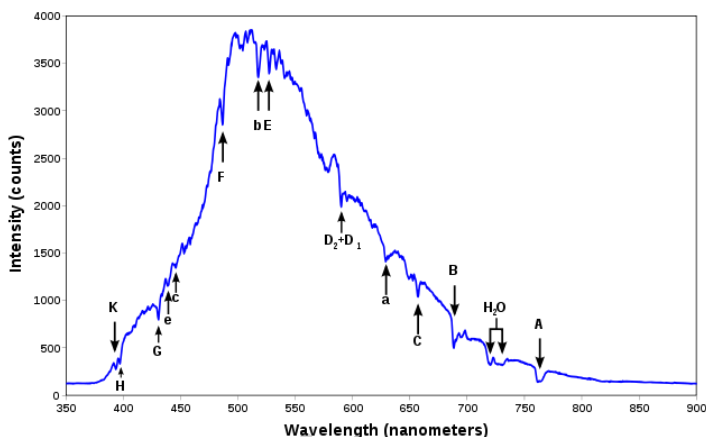
ในการวัดค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตเพื่อให้ได้ความถูกต้องและแม่นยำที่สุด เครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตควรมีการสอบเทียบเพื่อประมวลผลความถูกต้องของข้อมูลอยู่เสมอ เนื่องจากอาจจะเกิดการเสื่อมสภาพของ sensitivity ซึ่งใช้สำหรับแปลงค่ากระแสไฟฟ้าให้เป็นความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแต่ละความยาวคลื่น

การสอบเทียบเครื่องมือวัดความเข้มสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีขั้นตอนที่สำคัญคือการสอบเทียบความแม่นยำในการวัดความยาวคลื่น (wavelength alignment) และการสอบเทียบความถูกต้องในการวัดสัญญาณ (spectral responsivity)

ในส่วนของการสอบเทียบความแม่นยำในการวัดความยาวคลื่น สามารถทำได้โดยการนำสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่วัดได้ไปเทียบกับสเปกตรัมฟรอนโฮเฟอร์จากรังสีอาทิตย์ (Sun's Fraunhofer spectrum) ซึ่งเป็นเส้นสเปกตรัมที่ทราบการดูดกลืนที่แน่นอนดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.5 จากนั้นทำการปรับค่าสเปกตรัมที่วัดได้ให้ตรงกับสเปกตรัมฟรอนโฮเฟอร์

ตารางที่ 3.1 สเปกตรัมของรังสีอาทิตย์ที่มีการดูดกลืนสูงในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สัญลักษณ์	ธาตุที่ทำให้เกิดเส้น สเปกตรัม
430.79	G	Fe
430.774	G	Ca
410.175	H	H δ
396.847	H	Ca ⁺
393.368	K	Ca ⁺
382.044	L	Fe
358.121	N	Fe
336.112	P	Ti ⁺



รูปที่ 3.5 สเปกตรัมฟลูออเรสเซนซ์ของรังสีอาทิตย์

สำหรับการสอบเทียบความถูกต้องของการวัดสัญญาณจะต้องทำการสอบเทียบเป็นประจำทุกเดือน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบหัววัดโดยใช้หลอดกำเนิดแสงมาตรฐานแบบคิวทีเรียม (deuterium lamp) เพื่อใช้แทนรังสีอัลตราไวโอเล็ตจริง โดยมีขั้นตอนการสอบเทียบดังนี้

1. นำหลอดกำเนิดแสงเทียบมาตรฐานต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟและนำไปครอบไว้ที่หัววัดรังสีเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต รูปที่ 3.6
2. เปิดแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของหลอดกำเนิดแสงมาตรฐาน
3. ทำการเชื่อมต่อโปรแกรม Benwin+ และตั้งค่าโปรแกรมเพื่อเตรียมใช้ในการสอบเทียบเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยจะใช้เวลาในการสอบเทียบประมาณรอบละ 2 นาที เป็นจำนวน 8 รอบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าสัญญาณไฟฟ้าที่แต่ละความยาวคลื่นตั้งแต่ 260-420 นาโนเมตร
4. นำค่าสัญญาณที่ได้ (C_λ) หาค่าด้วยค่าสเปกตรัมมาตรฐานที่ได้จากบริษัทผู้ผลิตหลอดกำเนิดแสงมาตรฐาน (E_λ) ซึ่งจะทำได้ค่า sensitivity ของเครื่องวัดดังสมการ

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

เมื่อ	S_λ	คือ	ค่า sensitivity ของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต [nA/(mW/m ²) – nm]
	C_λ	คือ	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต [nA]
	E_λ	คือ	ค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตของหลอดมาตรฐาน [mW/m ² – nm]

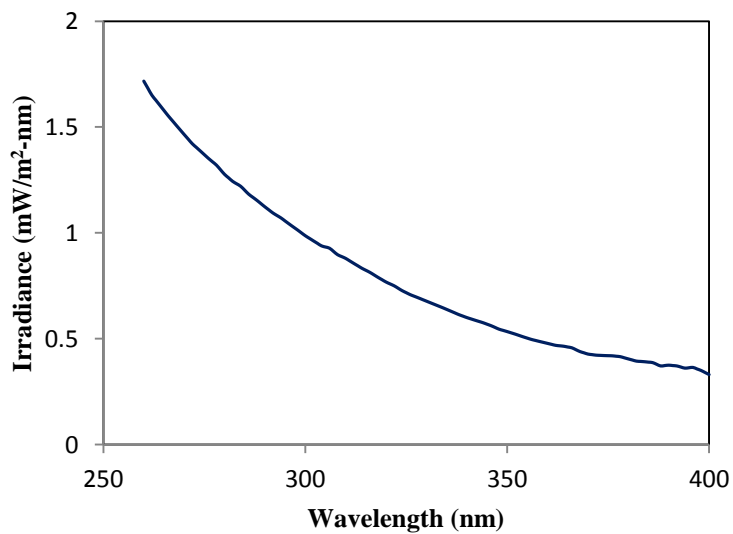
ตัวอย่างข้อมูลการสอบเทียบจากหลอดกำเนิดแสงมาตรฐานในเดือนธันวาคม 2017 แสดง
 ด้งรูปที่ 3.7 – 3.10



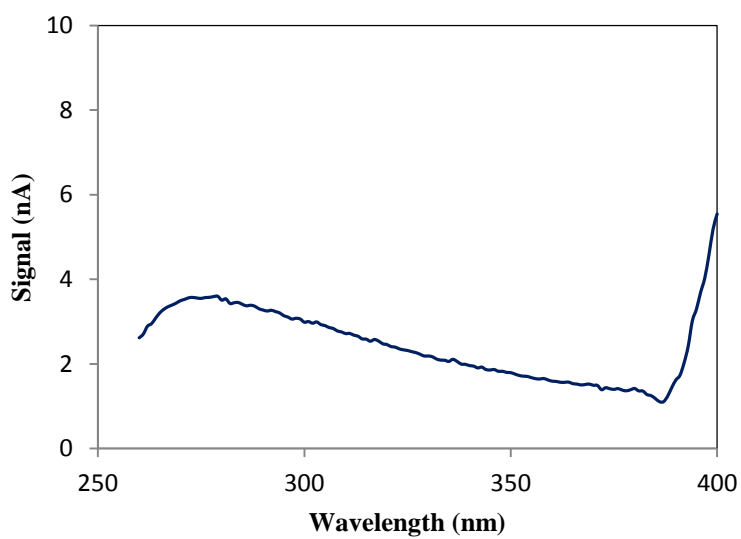
รูปที่ 3.6 การสอบเทียบเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต

Wavelength (nm)	signal								Average	Standard irradiance (mW m-2 nm-1)	Sensitivity nA/(mW m-2 nm-1)
	1	2	3	4	5	6	7	8			
260	2.8092	2.88712	2.80384	2.77519	2.88749	2.88945	2.89697	2.84965	2.849864	1.7167980	1.6599878
261	3.0267	2.91162	3.03834	2.98569	2.88949	3.01745	2.96997	2.93265	2.971489	1.6836662	1.7648918
262	3.0422	3.05662	3.11784	3.05669	3.04249	2.97595	3.00947	2.99815	3.037426	1.6505344	1.8402683
263	3.1842	3.12712	3.21984	3.23019	3.25249	3.24745	3.24997	3.26415	3.221926	1.6264668	1.9809358
264	3.2702	3.25612	3.36334	3.37469	3.33399	3.37845	3.38147	3.31515	3.334176	1.6023991	2.0807402
265	3.3942	3.40162	3.41084	3.46719	3.24899	3.32695	3.42197	3.45215	3.390489	1.5782946	2.1481976
.
.
.
.
.
.
.
.
.
395	3.3507	3.34062	3.35084	3.32069	3.27699	3.40995	3.41947	3.39465	3.357989	0.3631231	9.2475214
396	3.7802	3.86262	3.79434	3.70969	3.74649	3.70345	3.73047	3.75215	3.759926	0.3647942	10.3069803
397	4.1692	4.08612	4.16734	4.10919	4.00199	4.24645	4.20247	4.03615	4.127364	0.3576212	11.5411594
398	4.5897	4.64362	4.58584	4.70819	4.57299	4.58695	4.55497	4.59365	4.604489	0.3504483	13.1388524
399	5.1932	5.30312	5.27434	5.19169	5.26949	5.30895	5.07847	5.13665	5.219489	0.3407902	15.3158436
400	5.6727	5.76262	5.76034	5.72169	5.78499	5.75445	5.73397	5.81515	5.750739	0.3311320	17.3669075

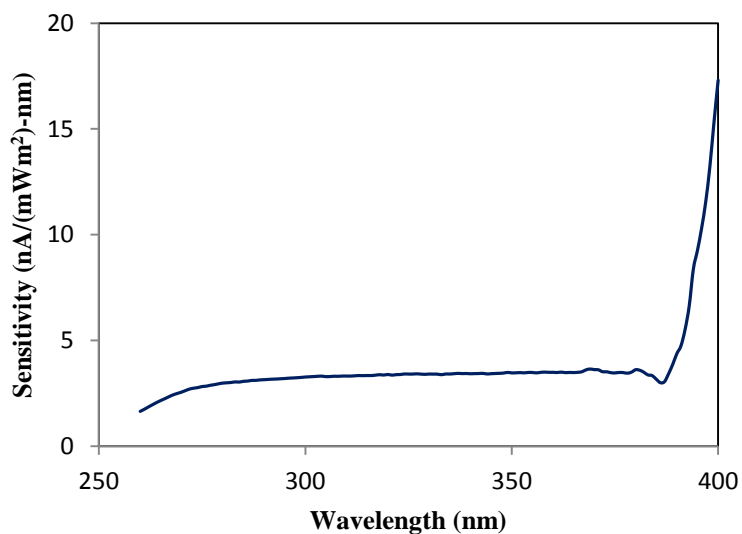
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างข้อมูลจากการสอบเทียบที่แต่ละความยาวคลื่นในเดือนธันวาคม 2017



รูปที่ 3.8 การแปรค่าของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่แต่ละความยาวคลื่นของหลอดกำเนิดแสงมาตรฐาน

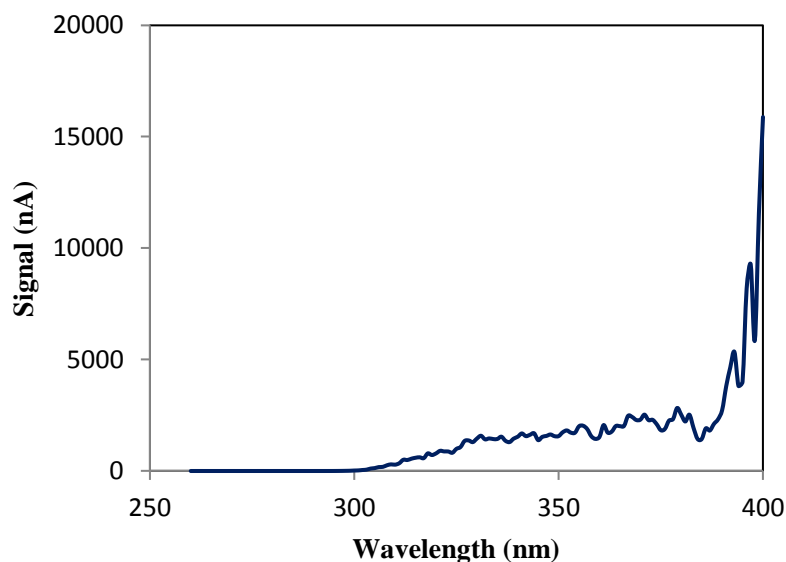


รูปที่ 3.9 การค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจากหลอดกำเนิดแสงมาตรฐาน

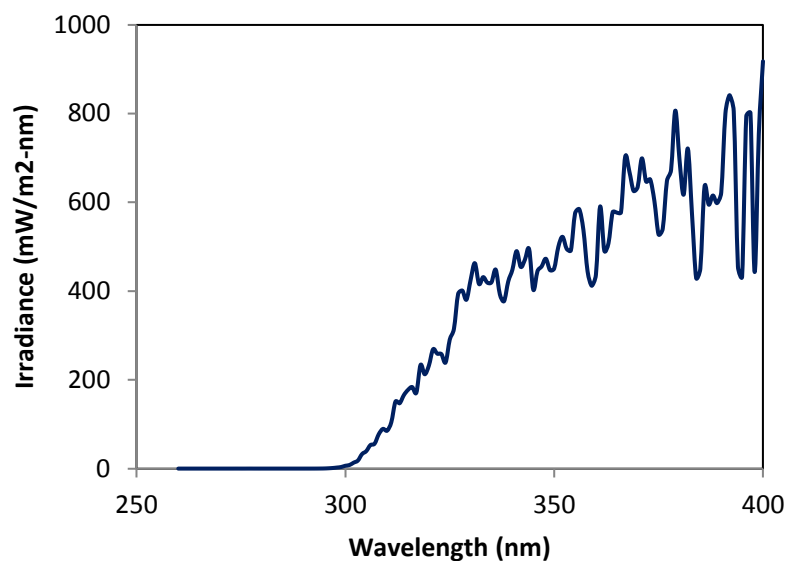


รูปที่ 3.10 การแปรค่า sensitivity ของเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต

เมื่อได้ค่า sensitivity แล้ว ผู้วิจัยได้นำค่าดังกล่าวมาทำการแปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้เป็นค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามสมการ (3.1) ตัวอย่างการแปรค่าสัญญาณแสดงได้ดังรูป 3.11 – 3.12



รูปที่ 3.11 การแปรค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.12 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการแปลงค่าด้วย sensitivity เรียบร้อยแล้ว

3.2 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินและจากดาวเทียม

ข้อมูลความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถวัดได้โดยตรงจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน นอกจากนี้ ดาวเทียมบางดวงสามารถให้ข้อมูลความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ แต่เนื่องจากดาวเทียมเป็นการวัดระยะไกลข้อมูลที่ได้จึงมีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลดาวเทียมให้ค่าที่ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการเปรียบเทียบค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมกับค่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดิน

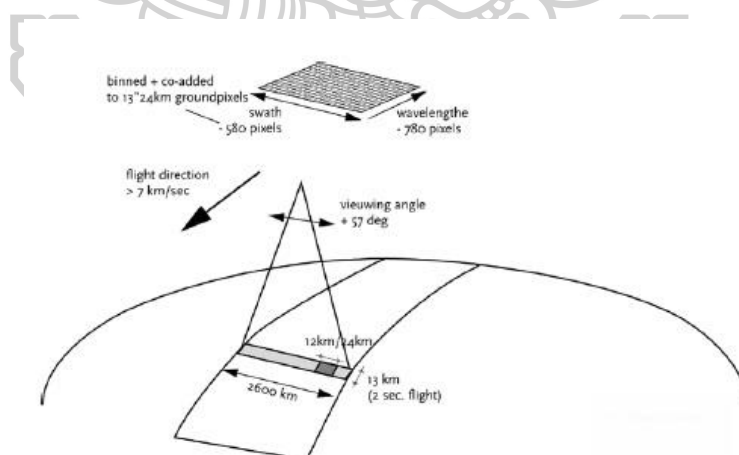
ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในงานนี้ได้แก่ข้อมูลเครื่อง Ozone Monitoring Instrument (OMI) ซึ่งติดตั้งอยู่บนดาวเทียม AURA ของ NASA โดยได้รับการสนับสนุนจากประเทศเนเธอร์แลนด์ (Netherlands Instrument for air and space) และฟินแลนด์ (Finnish Meteorological Institute Development) ดาวเทียม OMI/AURA มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun-synchronous orbit) นั่นคือวงโคจรจะทำมุมกับดวงอาทิตย์คงที่ตลอดเวลาทำให้ดาวเทียมผ่านพื้นที่บนโลกที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ ณ เวลาที่ค่อนข้างคงที่เสมอ วงโคจรจะอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ผ่านแถบขั้วโลก (polar orbit)

OMI จะทำการวัดค่าการกระเจิงสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตและรังสีช่วงที่ตามองเห็น (visible light) โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 270 – 500 นาโนเมตร โดยทั้งสองช่องสัญญาณนี้จะมีค่าความละเอียดเชิงสเปกตรัมประมาณ 0.5 นาโนเมตร โดยแสงที่เข้าสู่กล้องโทรทรรศน์ (telescope) จะถูกแยกโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ตอยู่ในช่วง 270 – 365 นาโนเมตร ส่วน

รังสีที่ตามองเห็นจะอยู่ในช่วง 365-500 นาโนเมตร สำหรับช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะพิจารณาในช่วงย่อย 2 ช่วง คือ UV-A อยู่ในช่วง 270-310 นาโนเมตร และช่วง UV-B อยู่ในช่วง 310-365 นาโนเมตร ความละเอียดเชิงพื้นที่ที่เป็น 13x24 ตารางกิโลเมตร รูปที่ 3.13 - 3.14 ข้อมูลที่ได้จาก OMI นอกจากข้อมูลรังสีอัลตราไวโอเล็ตแล้วยังมีข้อมูลอื่นอีกได้แก่ โอโซน ฝุ่นละออง เมฆ รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่พื้นผิว และก๊าซต่าง ๆ เช่น HCHO, SO₂, BrO, และ OCIO โดยทั่วไปดาวเทียม AURA จะเคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยที่เวลาประมาณ 13:00 (±50 นาที)



รูปที่ 3.13 การติดตั้งเครื่องมือ OMI บนดาวเทียม AURA



รูปที่ 3.14 ลักษณะการวัดของ OMI/ AURA

ในงานนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร จากดาวเทียม OMI/AURA ที่เว็บไซต์ <https://avdc.gsfc.nasa.gov/> ซึ่งเป็นข้อมูลที่เรียกว่า OMUVB/L2OVP โดยข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลช่วงเวลาที่ดาวเทียมเคลื่อนผ่าน (overpass time) ที่เวลาประมาณ 13.45 น. \pm 30 นาที ตามเวลาท้องถิ่น ในช่วง 1 มกราคม 2010 – 31 ธันวาคม 2017 จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ออกไปเปรียบเทียบกับข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินด้วยเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ที่สถานีนครปฐม

3.2.1 การเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีท้องฟ้าทั่วไป

ผู้วิจัยทำการเลือกข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา \pm 30 นาที จากเวลาที่ดาวเทียมเคลื่อนผ่าน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ในวันเดี่ยวนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลรายชั่วโมง แล้วนำข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัมมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม OMI/Aura ที่ overpass time

ผู้วิจัยจะทำการแสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลทั้งสองในรูปของ root mean square difference (RMSD) และ mean bias difference (MBD) ซึ่งหาได้จากสมการ

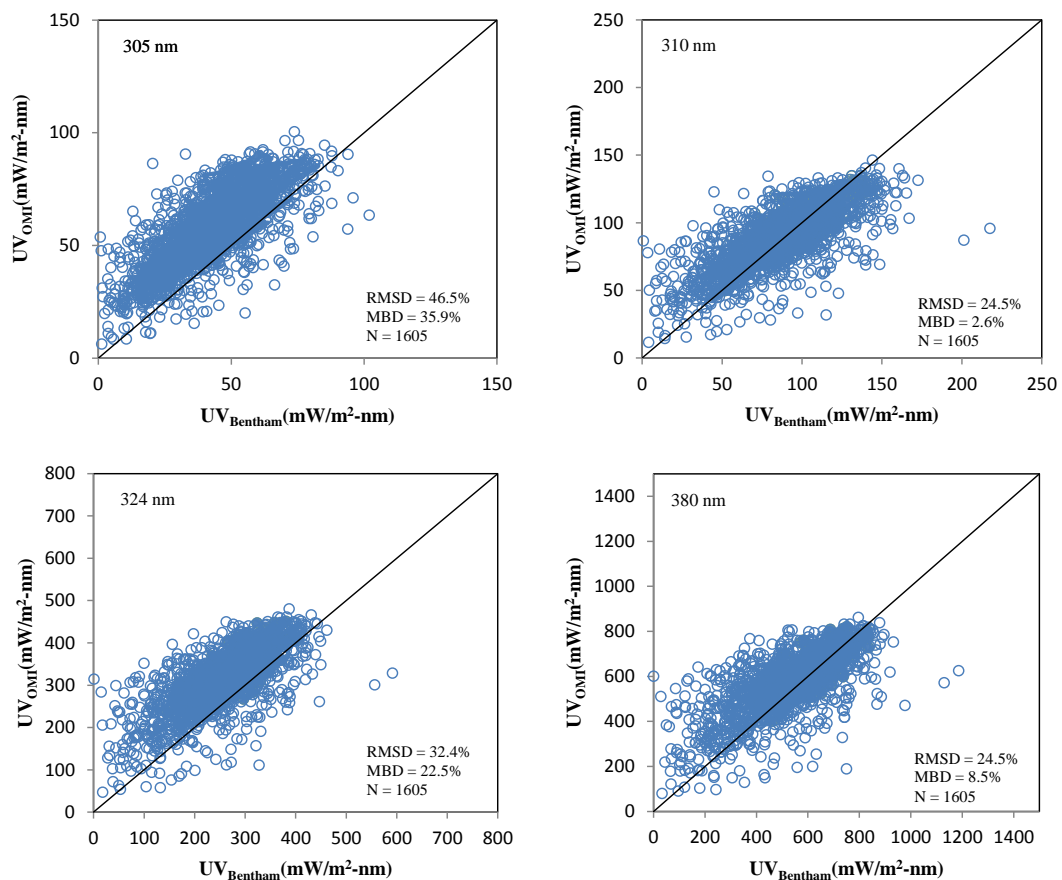
$$\text{RMSD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (UV_{\text{OMI}} - UV_{\text{Bentham}})^2}{N}} \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\text{MBD} = \frac{\sum_{i=1}^N (UV_{\text{OMI}} - UV_{\text{Bentham}})}{N} \times 100\% \quad (3.4)$$

เมื่อ UV_{Bentham} คือ สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดิน
[mW/m²-nm]

UV_{OMI} คือ สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม [mW/m²-nm]
ผลการเปรียบเทียบค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม

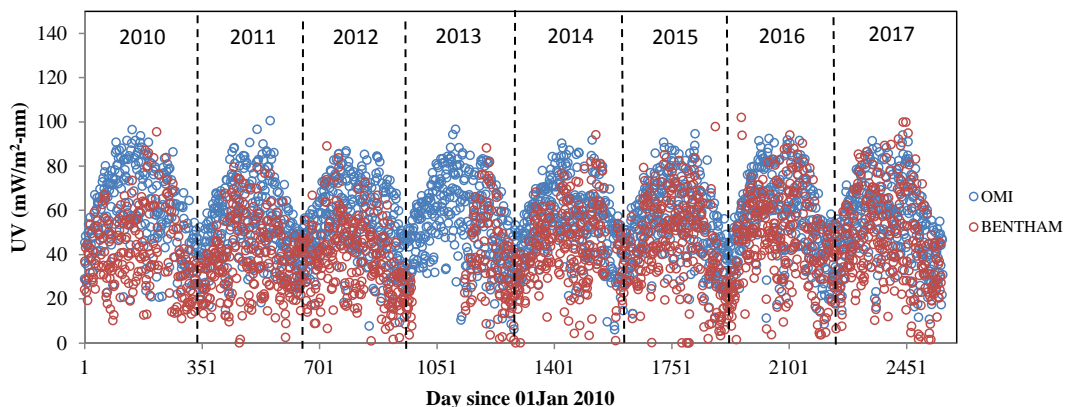
OMI/AURA กับข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินด้วยเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอาทิตย์ ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร แสดงดังรูปที่ 3.15



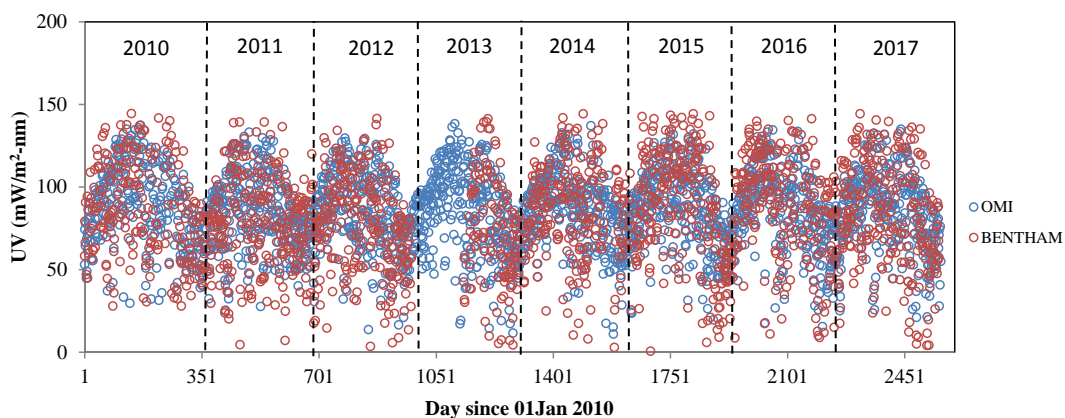
รูปที่ 3.15 การเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม (UV_{OMI}) และจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน ($UV_{Bentham}$) ที่จังหวัดนครปฐมในสภาพท้องฟ้าทั่วไป

จากกราฟพบว่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียมส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินทั้ง 4 ความยาวคลื่น โดยมีค่า root mean square difference (RMSD) เท่ากับ 46.5%, 24.5%, 32.4% และ 24.5% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ และค่า mean bias difference (MBD) มีค่าเท่ากับ 35.9%, 2.6%, 22.5% และ 8.5% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าที่ความยาวคลื่นสั้นที่สุดจะมีความแตกต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองมากที่สุด

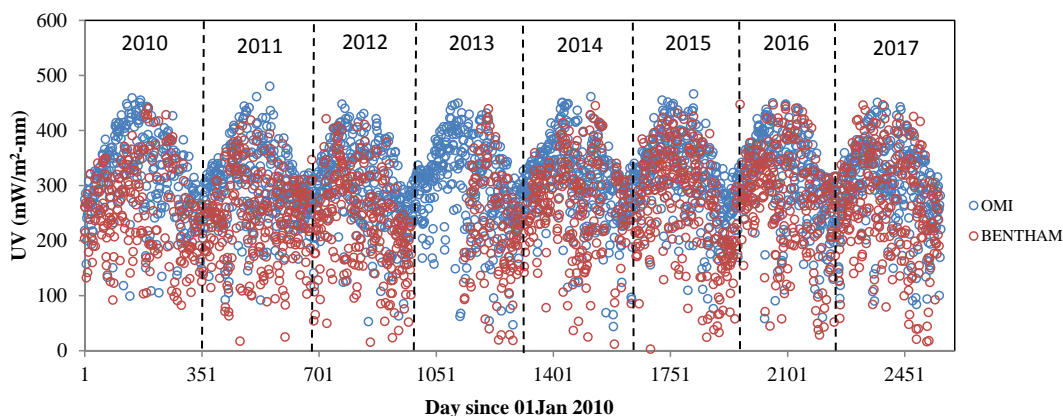
นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แสดงผลการเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม OMI/AURA และจากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตในลักษณะการแปรค่าตามวันในรอบปี รูปที่ 3.16 – 3.19 ซึ่งจะพบว่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมและจากเครื่องวัดภาคพื้นดินมีการแปรค่าในลักษณะเดียวกัน



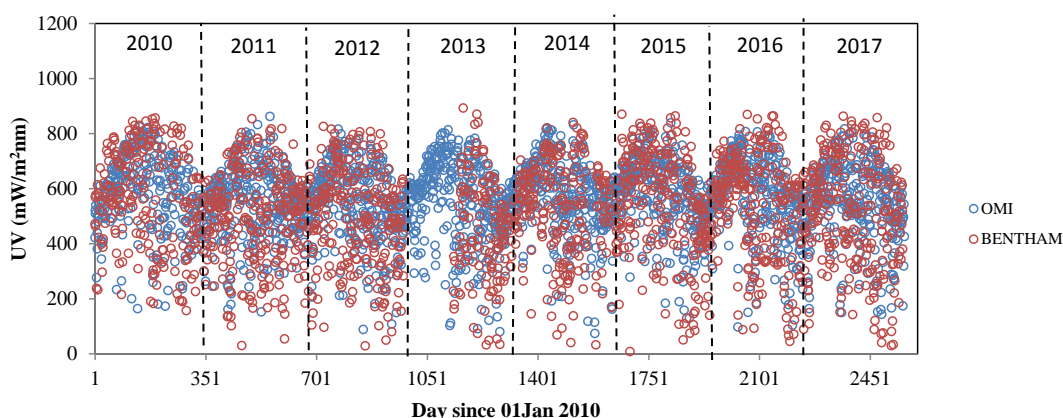
รูปที่ 3.16 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 305 นาโนเมตร



รูปที่ 3.17 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร



รูปที่ 3.18 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 324 นาโนเมตร



รูปที่ 3.19 การแปรค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลา overpass time ที่ความยาวคลื่น 380 นาโนเมตร

ค่าความแตกต่างระหว่างสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียมกับค่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินในกรณีท้องฟ้าอาจมีผลมาจากค่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินเป็นค่า ณ ตำแหน่งเดียว ในขณะที่ค่าที่ได้จากดาวเทียมเป็นค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ เมฆอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาผลกระทบของเมฆที่มีต่อค่าความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมและจากการวัดภาคพื้นดิน โดยพิจารณาผลของเมฆในรูปของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆ (Cloud Transmission Factor; CLT) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดจริงต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆที่คำนวณได้จากแบบจำลองการถ่ายเทรังสีในบรรยากาศ หรือเขียนได้ดังสมการ

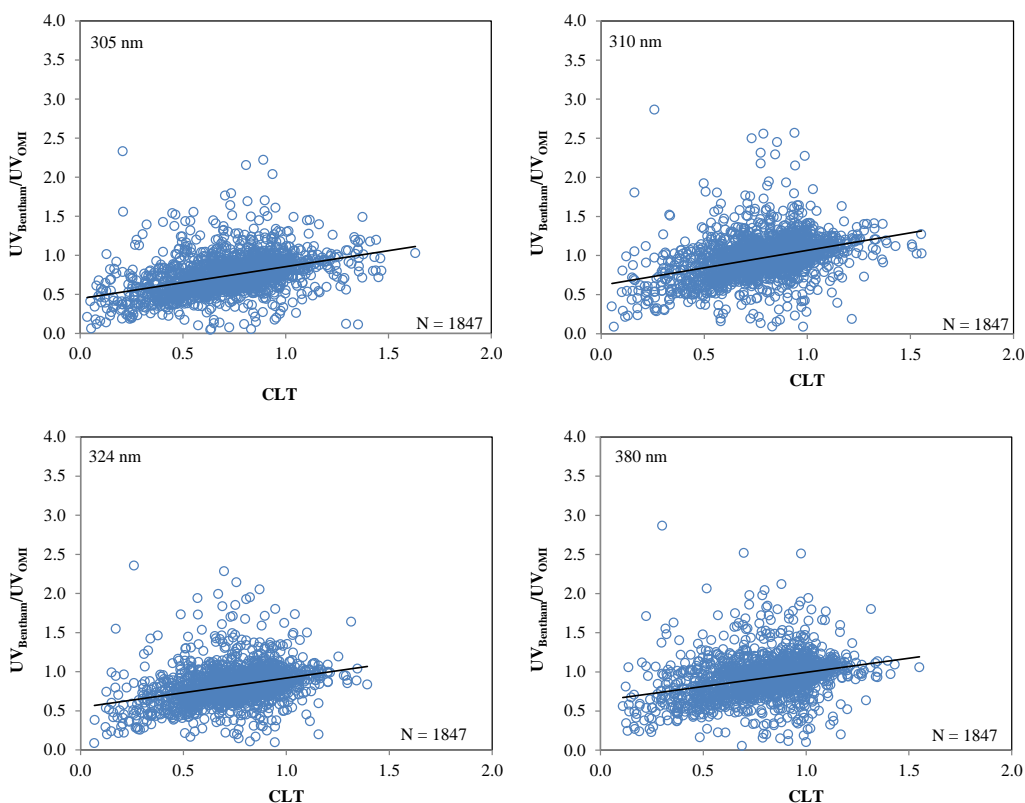
$$CLT = \frac{UV_{\text{measured}}}{UV_{\text{clear}}} \quad (3.5)$$

เมื่อ UV_{measured} คือ ความเข้มสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตรจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน [$\text{mW}/\text{m}^2\text{-nm}$]
 UV_{clear} คือ ความเข้มสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร [$\text{mW}/\text{m}^2\text{-nm}$]

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆสามารถใช้บ่งบอกปริมาณเมฆได้ เนื่องจากถ้าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆมากจะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าน้อยหรือกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ และค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆน้อยจะเกิดขึ้นเมื่อท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทั่วท้องฟ้า

ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร จากแบบจำลองการส่งผ่านรังสี UVSPEC (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก) แล้วนำค่าที่ได้มาหาสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆตามสมการ (3.5) จากนั้นเขียนกราฟระหว่างอัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินต่อสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้ดาวเทียม OMI/Aura เทียบกับสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.20





รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินต่อค่าที่ได้ดาวเทียม OMI/AURA ($UV_{\text{Bentham}}/UV_{\text{OMI}}$) และสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีของเมฆ (CLT) ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324, 380 นาโนเมตร

จากกราฟพบว่า กรณีที่ค่า CLT มีค่ามาก (ประมาณ 1) ซึ่งเป็นกรณีที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ อัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินและค่าที่ได้ดาวเทียม OMI/AURA มีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือค่าที่ได้จากการวัดเท่ากับค่าที่ได้จากดาวเทียม ส่วนในกรณีที่ค่า CLT ลดลงหรือมีปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้ามากขึ้น อัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินและค่าที่ได้ดาวเทียมจะมีค่าต่ำกว่า 1 หรือกล่าวได้ว่า ค่าที่ได้จากข้อมูลภาคพื้นดินต่ำกว่าค่าที่ได้จากดาวเทียม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการคำนวณค่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตของดาวเทียมกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมยังไม่ถูกต้อง เพราะต้องใช้ข้อมูลเมฆที่ยังไม่แม่นยำเพียงพอ

3.2.2 การเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลตกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ

สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลตในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆผู้วิจัยได้ทำการเลือกข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลตเฉพาะวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ โดยอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายท้องฟ้าจากเครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า (sky view) ซึ่งติดตั้งไว้ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม แสดงดังรูปที่ 3.21 – 3.22



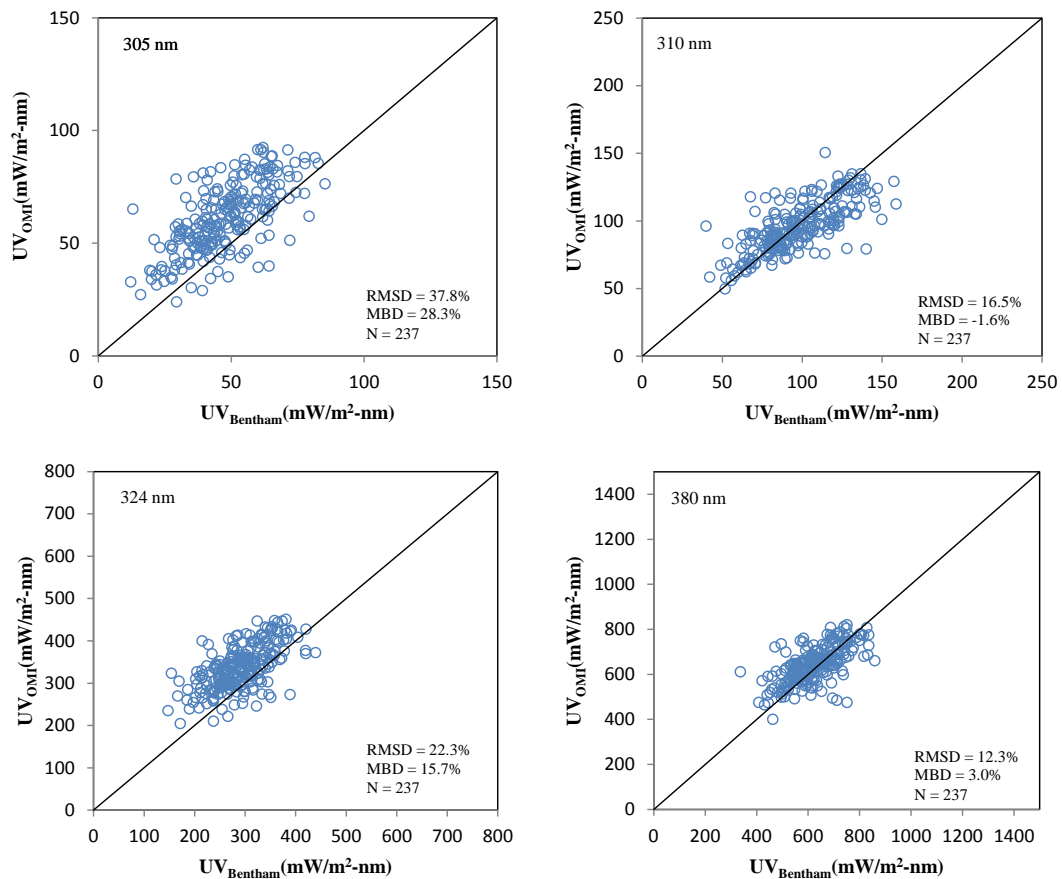
รูปที่ 3.21 เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้าที่ติดตั้งที่มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างภาพถ่ายท้องฟ้าจากเครื่องถ่ายภาพท้องฟ้า

เครื่องถ่ายภาพท้องฟ้าจะทำการถ่ายภาพทุก ๆ 5 นาที จากนั้นภาพที่ได้จะถูกบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมภาพถ่ายท้องฟ้าในช่วงปี ค.ศ. 2010-2017 แล้วนำมาใช้ในการคัดเลือกวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆ

ผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดินและจากข้อมูลดาวเทียม OMI/AURA ในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลทั้งสอง ซึ่งผลที่ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.23

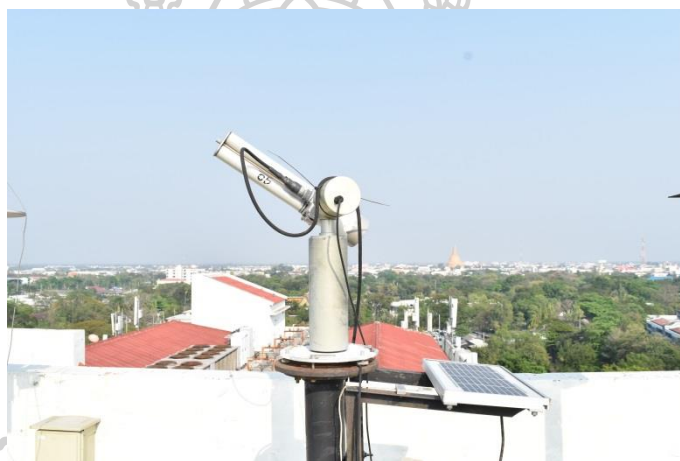


รูปที่ 3.23 การเปรียบเทียบสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียม (UV_{OMI}) และจากเครื่องวัดภาคพื้นดิน ($UV_{Bentham}$) ที่จังหวัดนครปฐม ในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียมและจากเครื่องวัดภาคพื้นดินในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆที่จังหวัดนครปฐมพบว่าสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียมส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินทั้ง 4 ความยาวคลื่น แต่มีการกระจายของข้อมูลน้อยกว่ากรณีท้องฟ้าทั่วไป โดยมีค่า root mean square difference (RMSD) เท่ากับ 37.8%, 16.5%, 23.3% และ 12.3% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ และค่า mean bias difference (MBD) ทั้ง 4 ความยาวคลื่น มีค่า 28.3%, -1.6%, 15.7% และ 3.0% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ

ผู้วิจัยคาดว่าสาเหตุของความแตกต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองอาจเกิดจากฝุ่นละอองในบรรยากาศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ผลเพื่อดูผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อความแตกต่างดังกล่าว โดยบอกปริมาณฝุ่นละอองในรูปของค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (aerosol optical depth; AOD) ซึ่งค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการลดทอนแสงของฝุ่นละออง

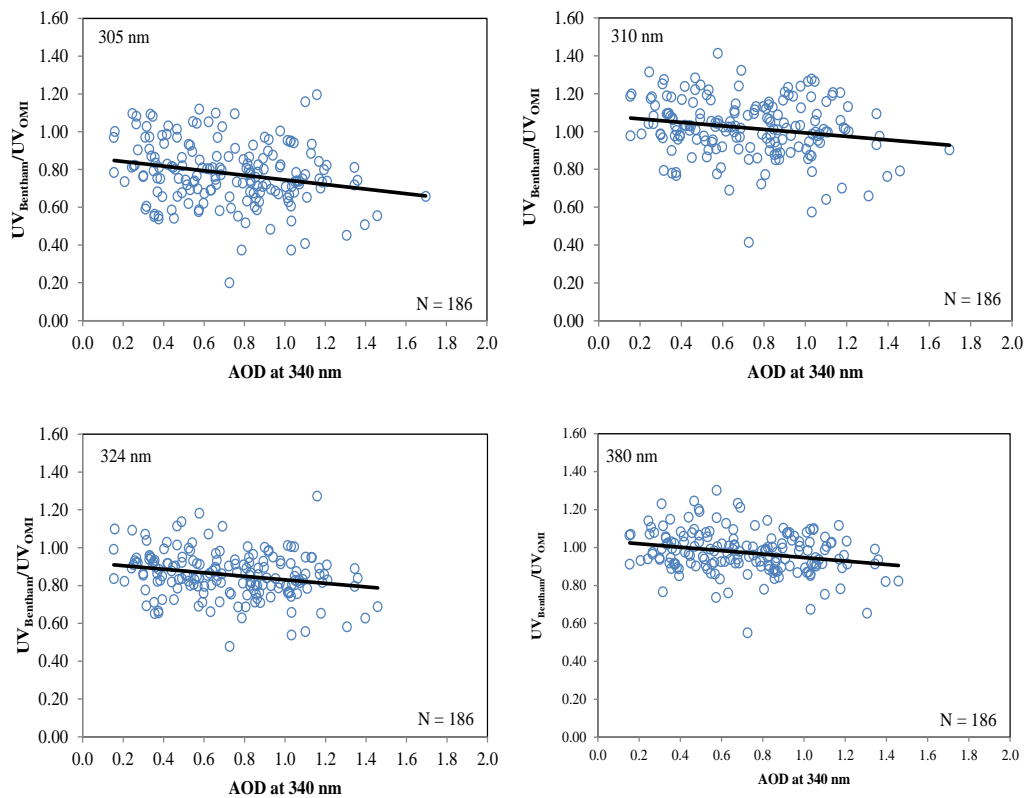
ในงานนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ที่ได้จากเครื่อง sunphotometer รุ่น CE-318 ผลิตโดยบริษัท Cimel ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งจะทำการวัดความเข้มรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม แสดงดังรูป 3.24



รูปที่ 3.24 เครื่อง sunphotometer ที่จังหวัดนครปฐม

เนื่องจากเครื่องวัดดังกล่าวเป็นสมาชิกของ Aerosol Robotic Network (AERONET) ข้อมูลที่ได้จากเครื่องดังกล่าวจึงสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของ (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>) โดยผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองรายวันที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ในช่วง ค.ศ. 2010 – 2017 มาใช้ในการวิเคราะห์ผล

ผู้วิจัยจะทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินและจากดาวเทียมกับค่า AOD ที่จังหวัดนครปฐม ผลที่ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 อัตราส่วนของสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินต่อค่าที่ได้จากดาวเทียม ($UV_{Bentham}/UV_{OMI}$) และค่าความตึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (AOD) ที่ 340 นาโนเมตร

จากรูปพบว่าฝุ่นละอองมีผลต่ออัตราส่วนของข้อมูลรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินและจากดาวเทียมทั้ง 4 ความยาวคลื่น โดยเมื่อค่า AOD มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้อัตราส่วนของข้อมูลทั้งสองมีค่าลดลง ซึ่งหมายความว่า สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากดาวเทียม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการคำนวณสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตของดาวเทียมซึ่งต้องใช้ข้อมูลฝุ่นละอองเป็นอินพุทอาจยังไม่ถูกต้องเพียงพอ

3.3 การศึกษาลักษณะทางสถิติของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ผู้วิจัยจะทำการศึกษาลักษณะทางสถิติของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยจะพิจารณาการแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลาเที่ยงวันเฉลี่ยต่อเดือน และการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัมในช่วง 8 ปี (ค.ศ. 2010-2017) มาคำนวณหาค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ ตามสมการ

$$I_{EUV} = \int_{280}^{400} R_{EA} I_{\lambda} d\lambda \quad (3.6)$$

เมื่อ I_{EUV} คือ ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ [mW/m^2]

I_{λ} คือ สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ที่แต่ละความยาวคลื่น [$mW/m^2 \cdot nm$]

R_{EA} คือ ฟังก์ชันการตอบสนองของผิวหนังมนุษย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเลต [-]

λ คือ ความยาวคลื่น [nm]

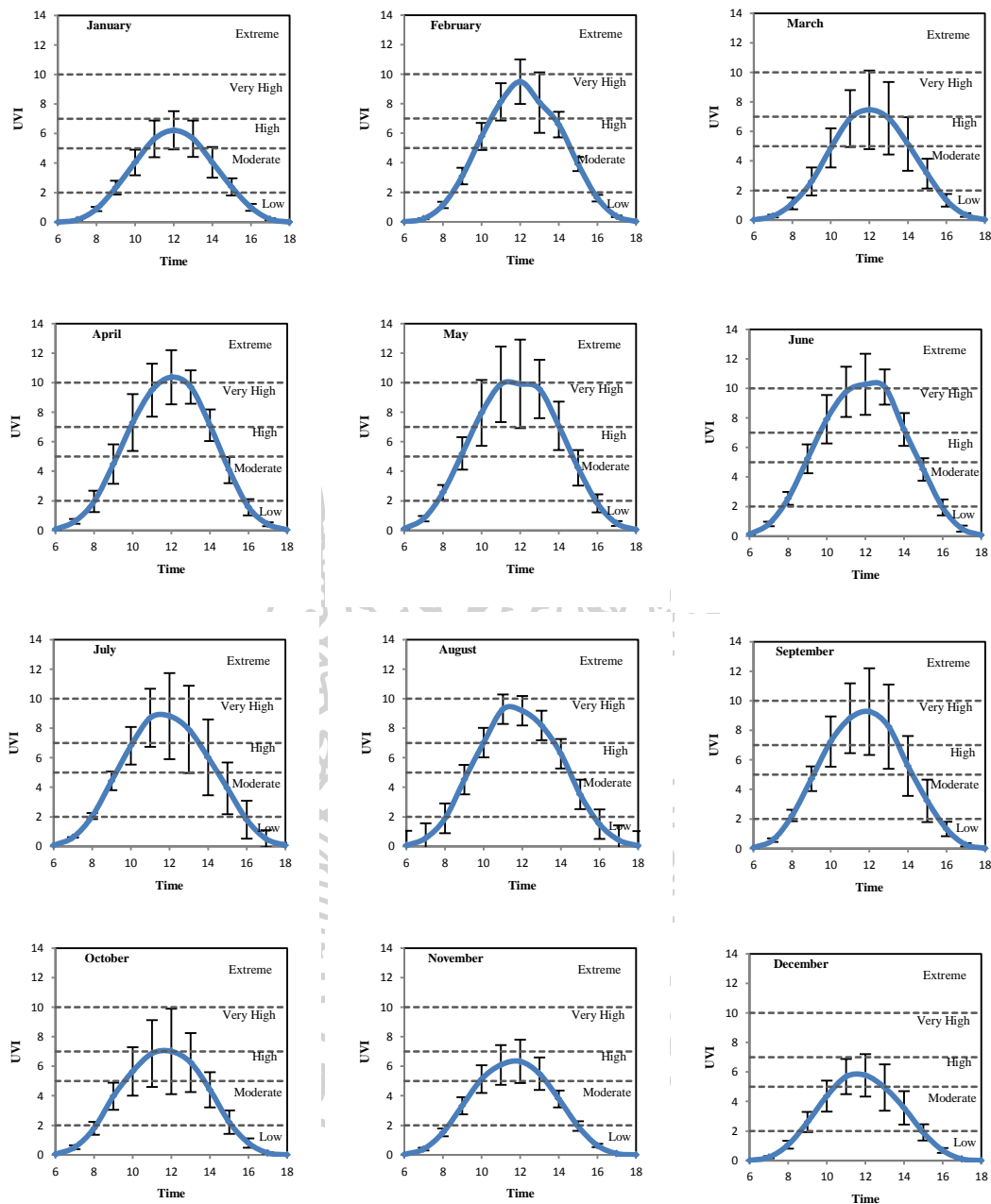
จากนั้นทำการคำนวณหาค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตได้จากสมการ

$$UVI = I_{EUV} (mW/m^2) / 25(mW/mW) \quad (3.7)$$

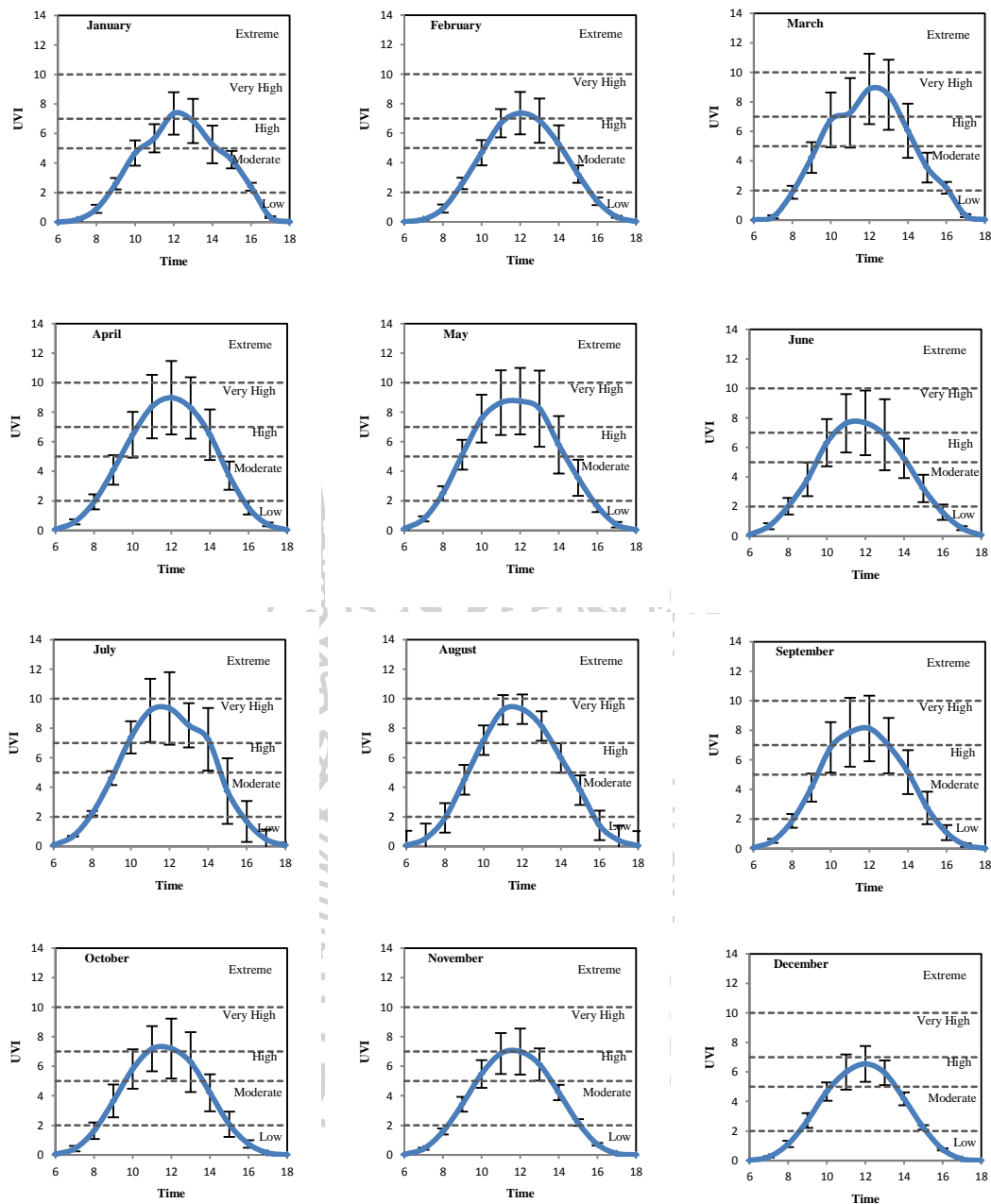
เมื่อ UVI คือ ค่าดัชนีความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต [-]

ผู้วิจัยนำค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงที่ได้คำนวณเป็นค่ารายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนของแต่ละปี และค่ารายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนระยะยาว แล้วนำมาเขียนกราฟการแปรค่าในรอบวัน ผลที่ได้แสดงดังรูป 3.26 -3.34

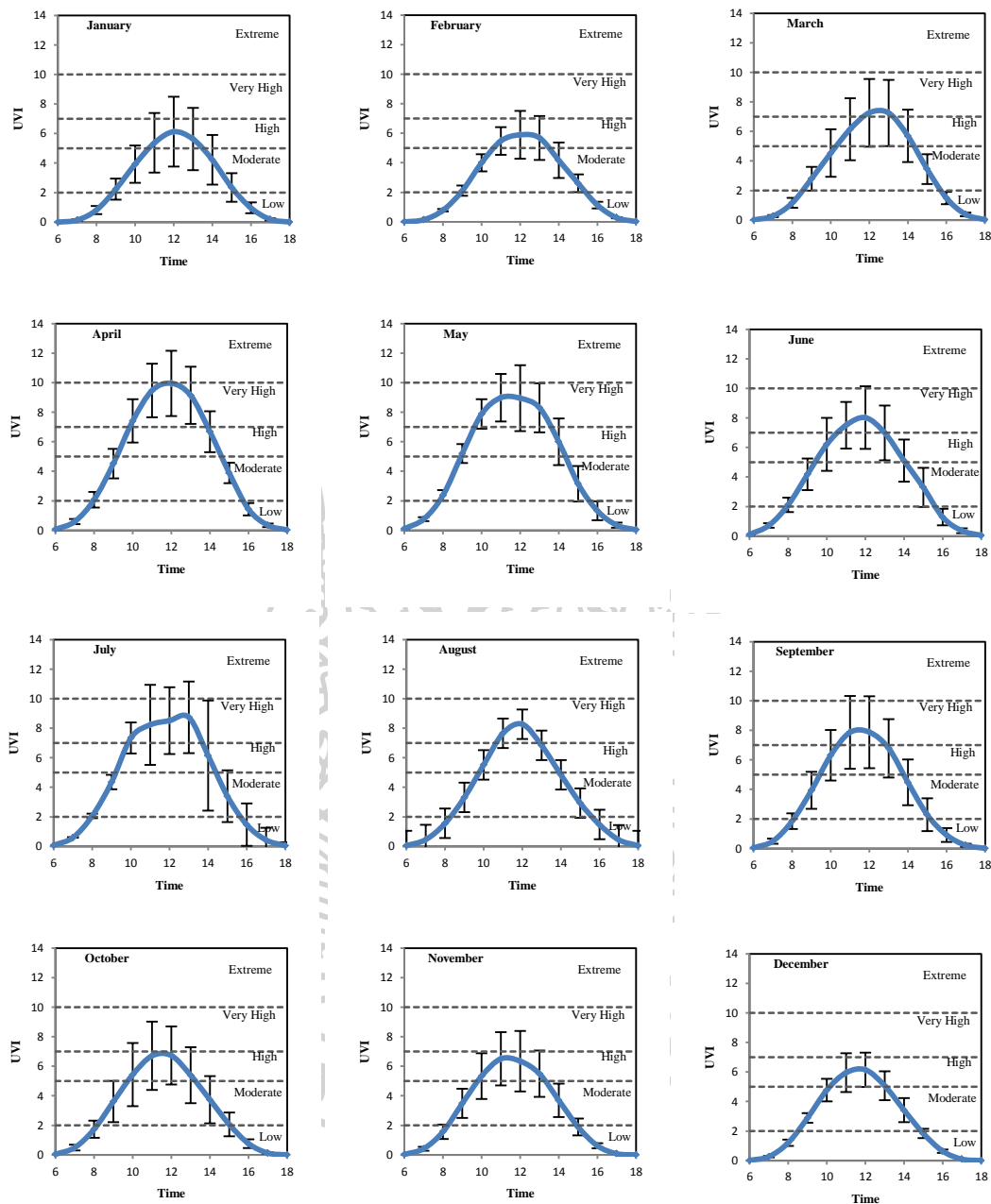
จากรูปจะพบว่าค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตมีการแปรค่าในรอบวันในแต่ละปี คล้ายกันคือ ค่าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าและจะมีค่าสูงสุดที่ช่วงเวลาเที่ยง จากนั้นค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตจะค่อยๆ ลดลงจนถึงช่วงเย็น จากลักษณะของกราฟจะแสดงให้เห็นถึงความสมมาตรกันระหว่างค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตในช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยจะพบว่าค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตสูงสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม ซึ่งการแปรค่าของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตามเวลาในรอบวันนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์



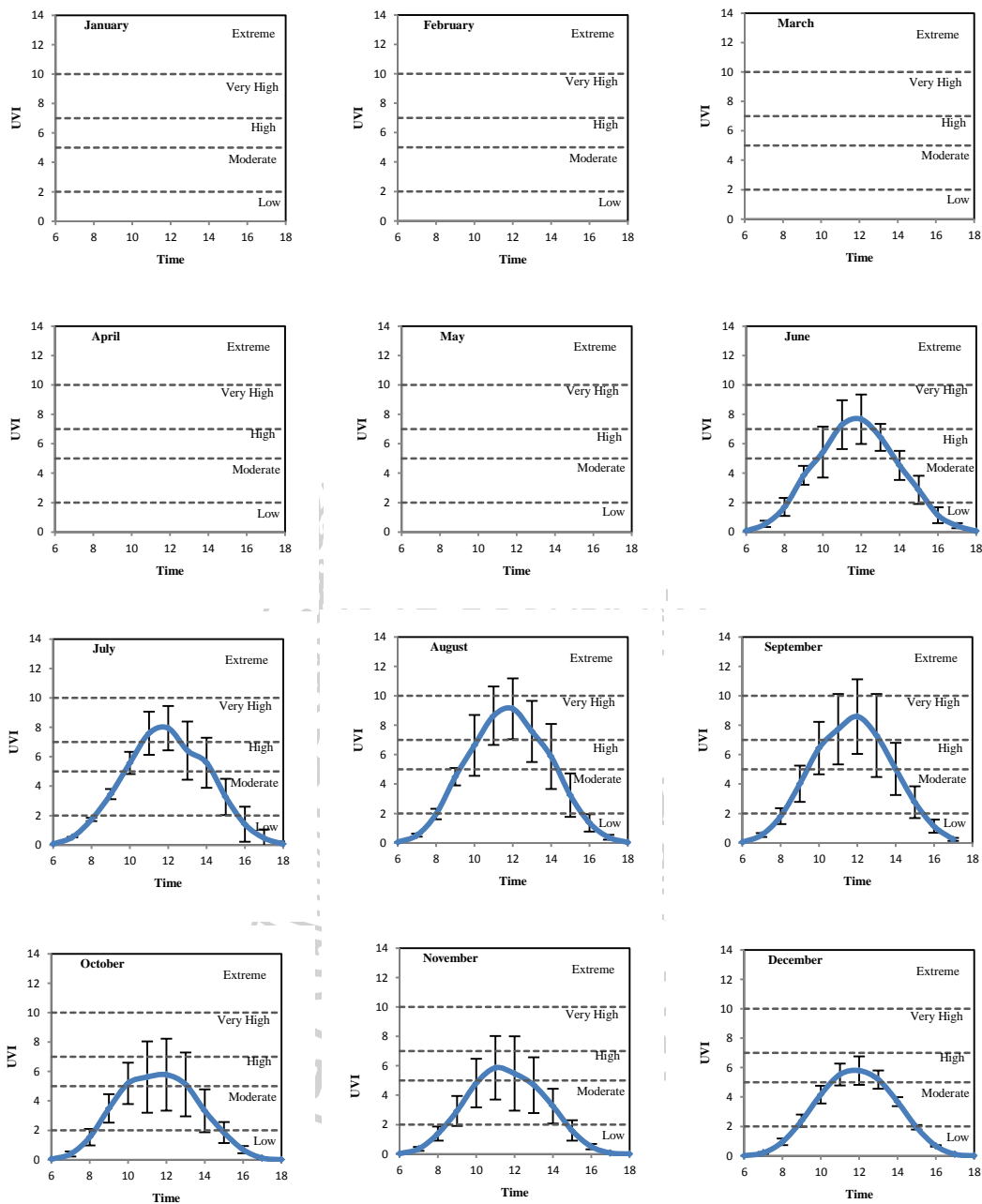
รูปที่ 3.26 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2010
[error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



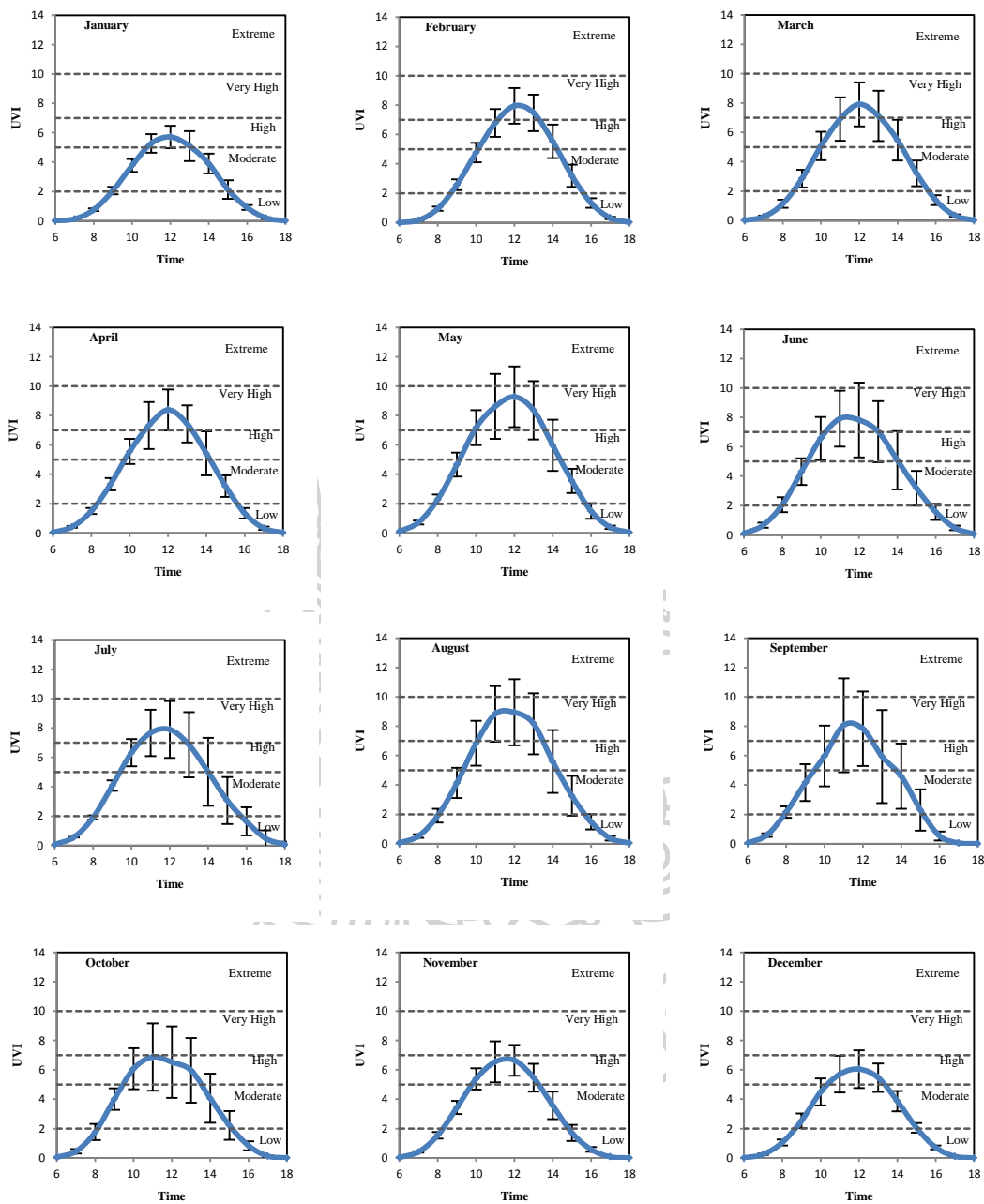
รูปที่ 3.27 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2011
 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



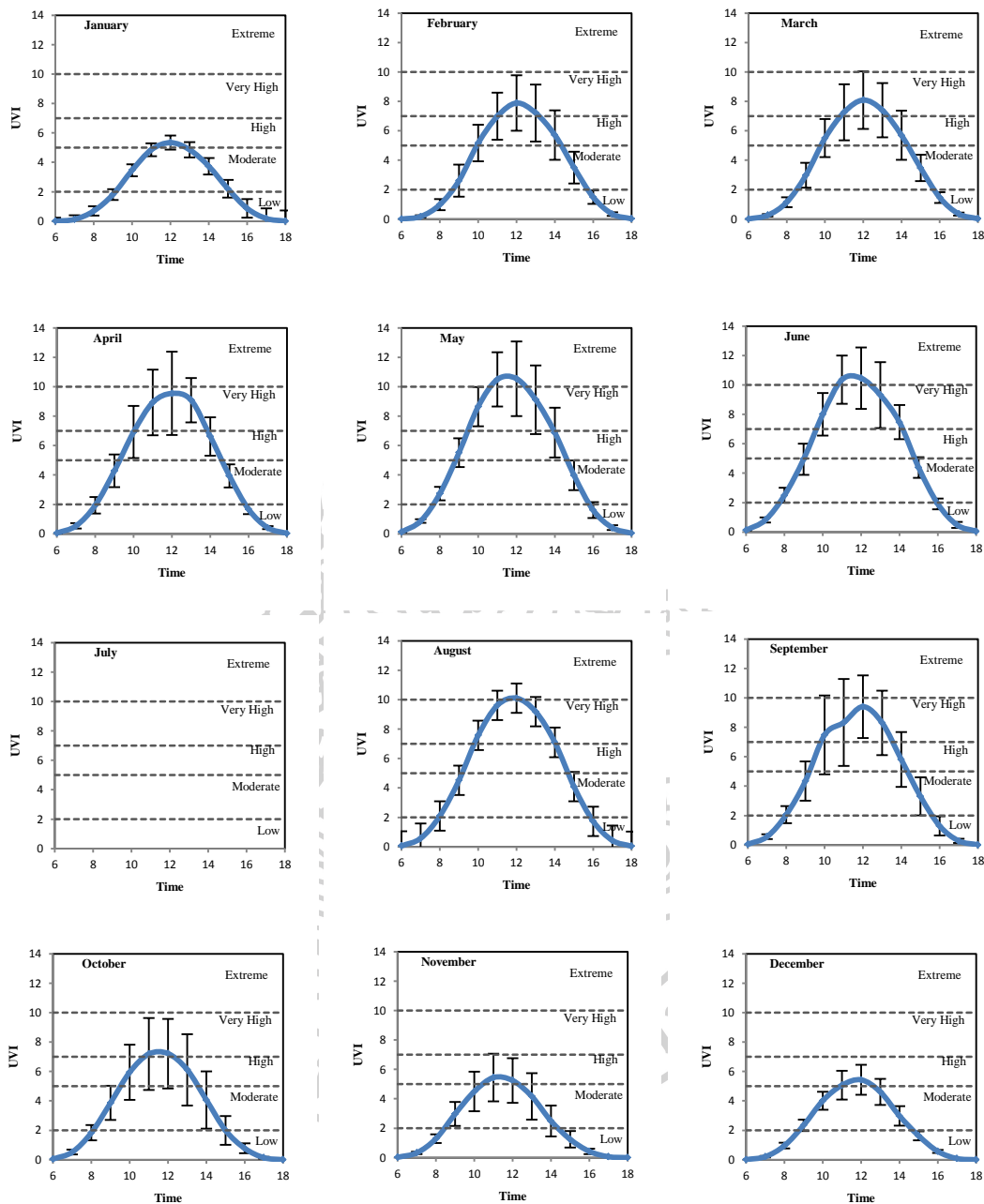
รูปที่ 3.28 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2012 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



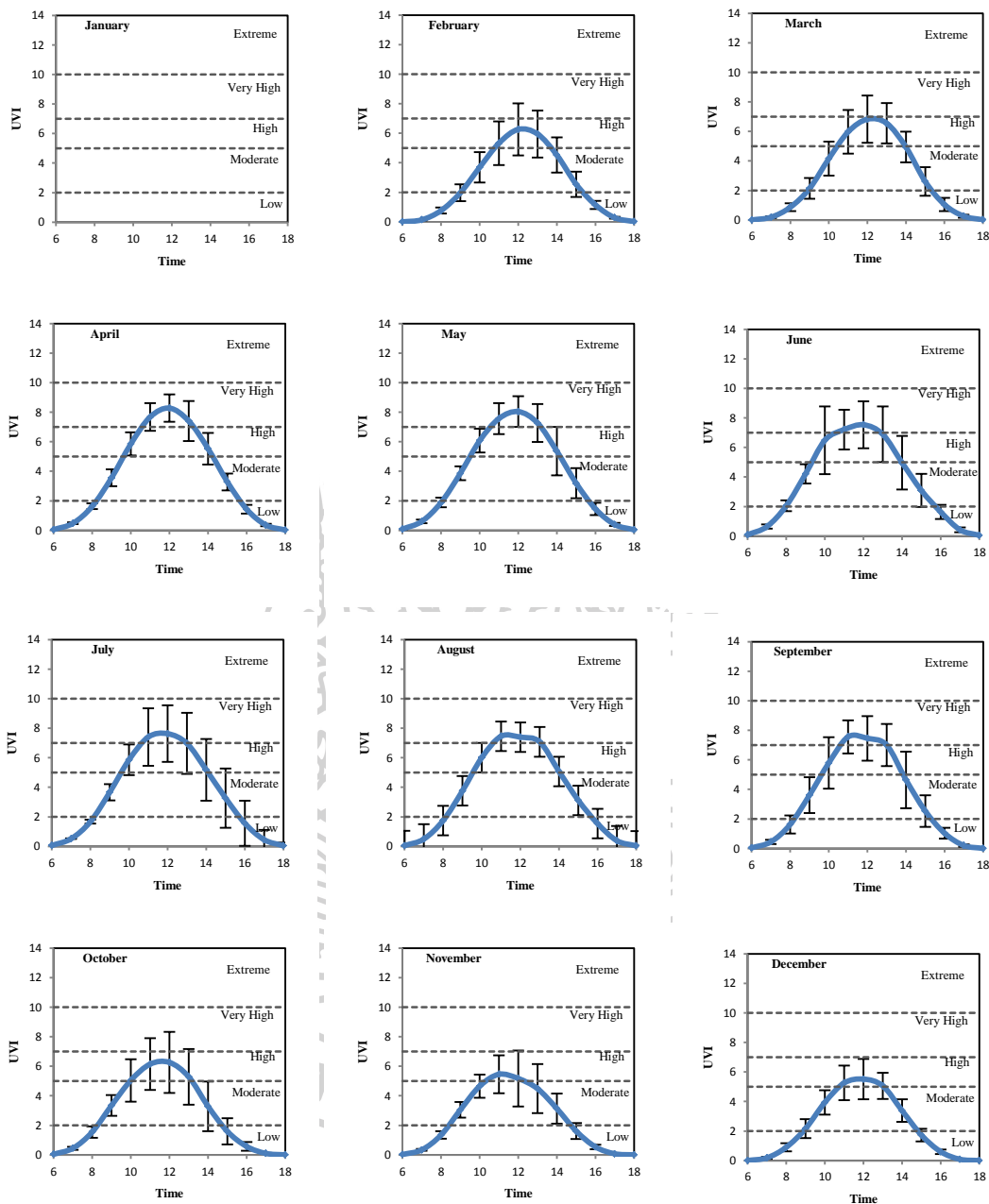
รูปที่ 3.29 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2013 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



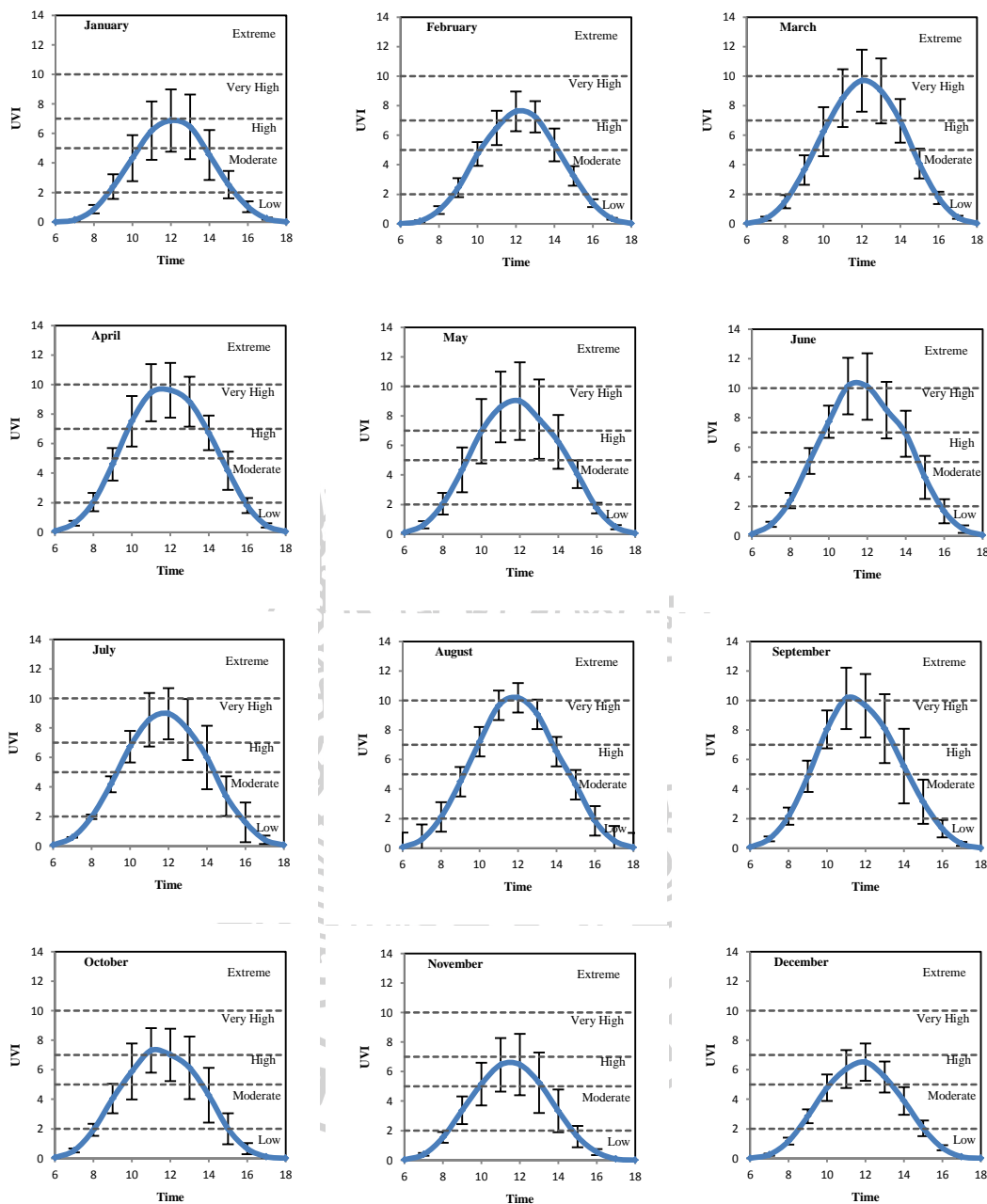
รูปที่ 3.30 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2014
[error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



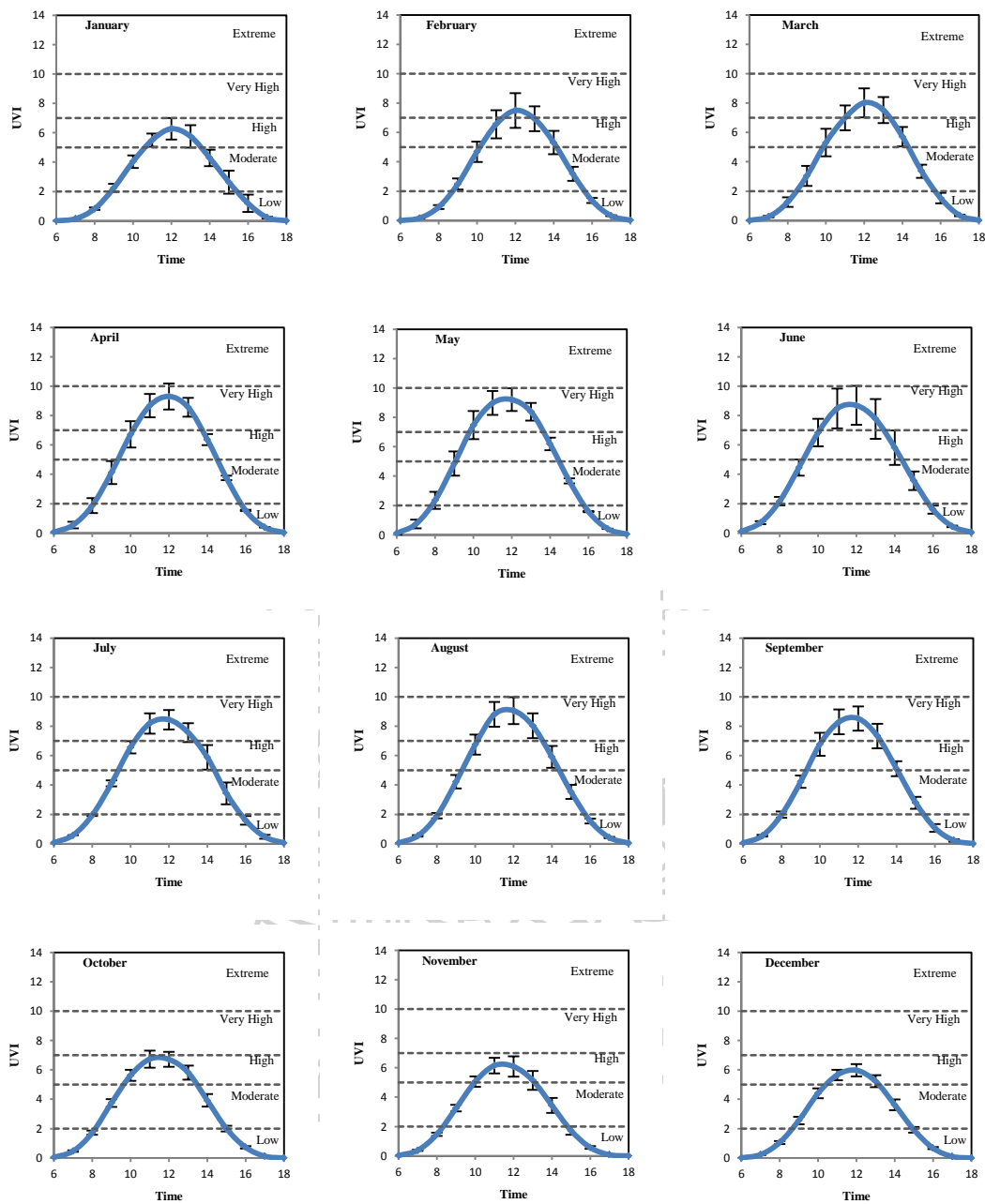
รูปที่ 3.31 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนที่สถานีนครปฐม ปี 2015 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



รูปที่ 3.32 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2016 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



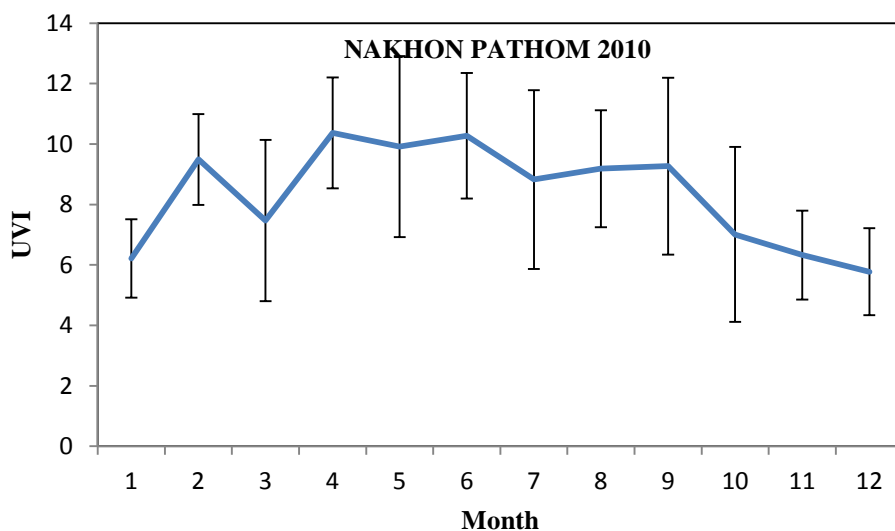
รูปที่ 3.33 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ที่สถานีนครปฐม ปี 2017 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]



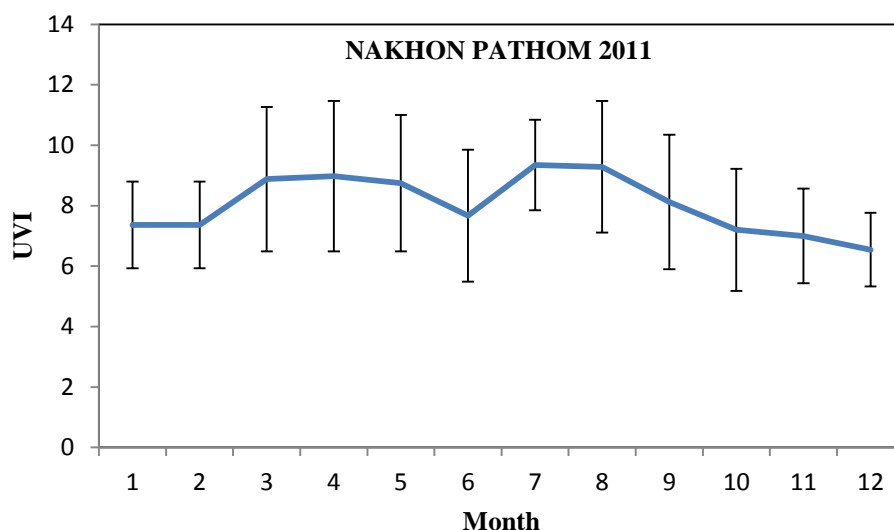
รูปที่ 3.34 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนที่สถานีนครปฐม ปี 2010 – 2017 [error bar หมายถึง ± 1 standard deviation, SD]

3.3.2 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลาเที่ยงวันตามฤดูกาลในรอบปี

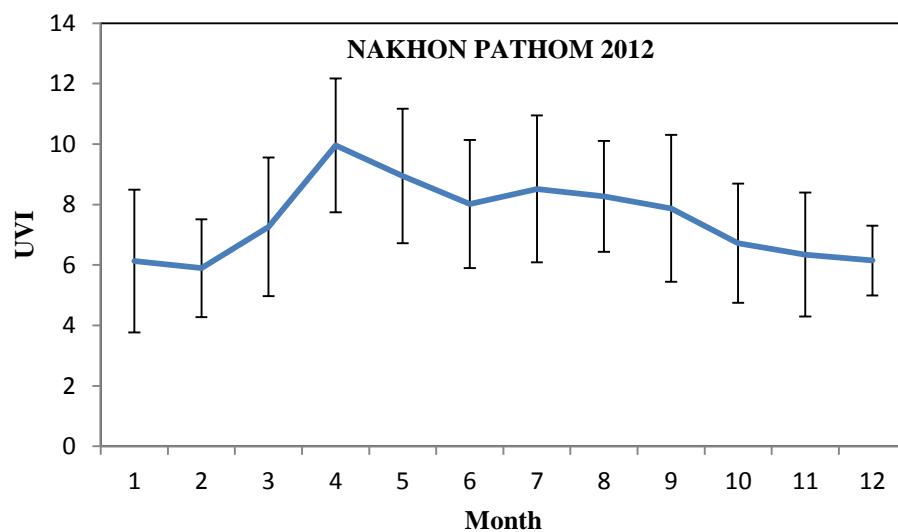
เนื่องจากดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีค่าสูงสุดในช่วงประมาณเที่ยงวัน ดังนั้น ผู้วิจัย จึงได้เลือกค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลาเที่ยงวันเฉลี่ยต่อเดือน แล้วนำมาเขียนกราฟ เทียบกับเดือนต่าง ๆ ในรอบปี ดังแสดงในรูปที่ 3.35- 3.43



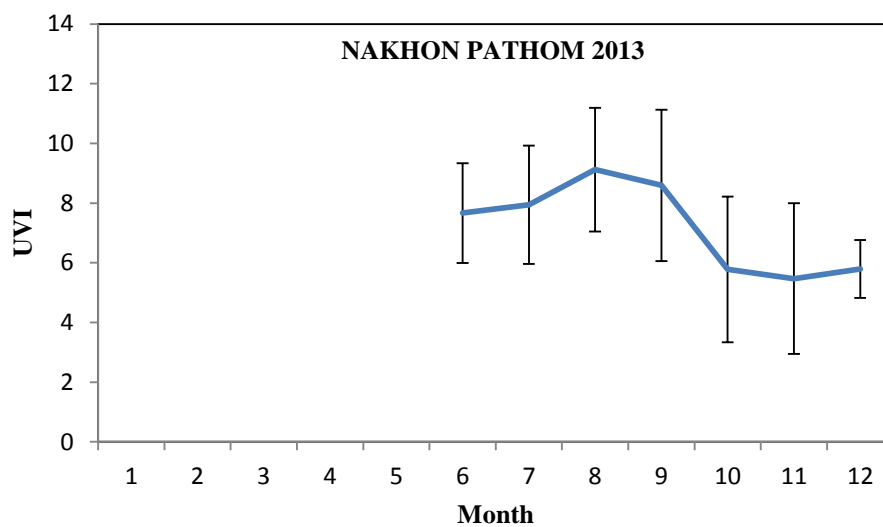
รูปที่ 3.35 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของ สถานีนครปฐมปี 2010



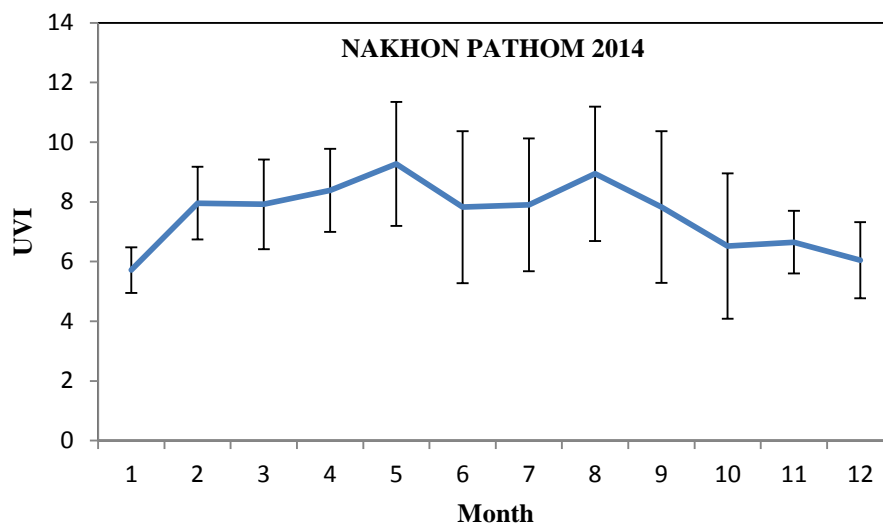
รูปที่ 3.36 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของ สถานีนครปฐมปี 2011



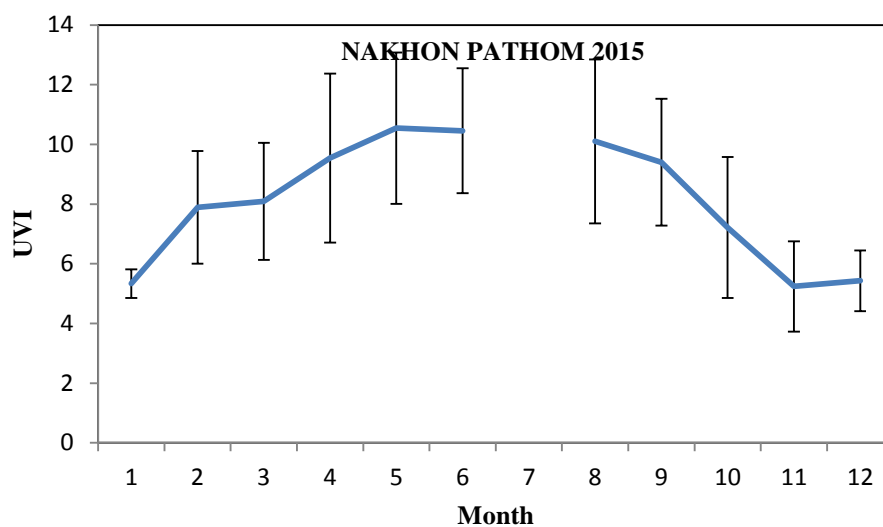
รูปที่ 3.37 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานีนครปฐมปี 2012



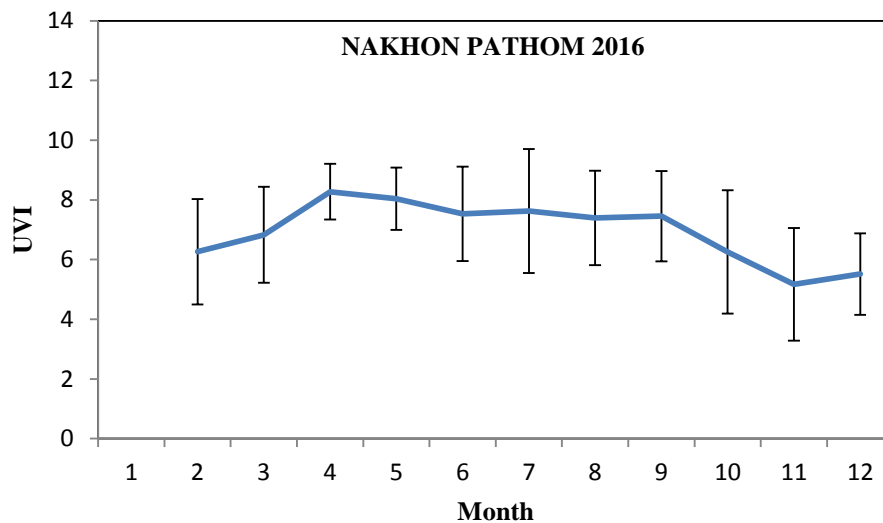
รูปที่ 3.38 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานีนครปฐมปี 2013



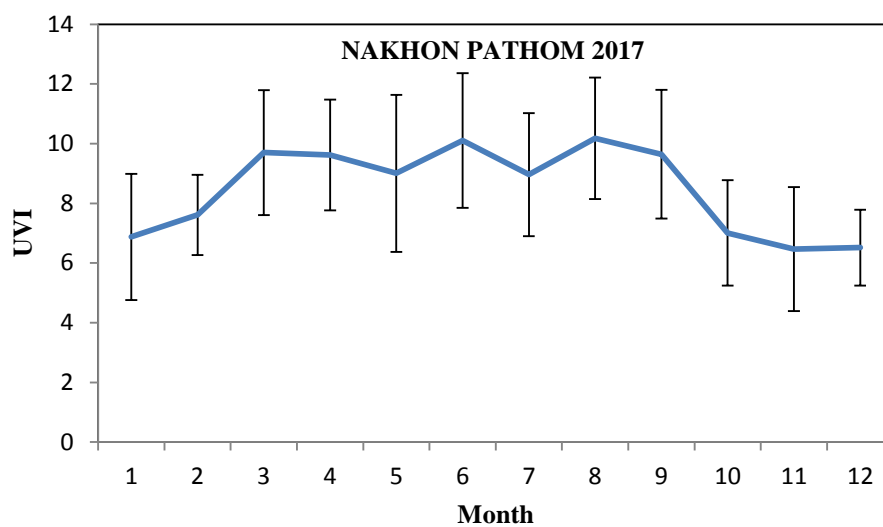
รูปที่ 3.39 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานีนครปฐมปี 2014



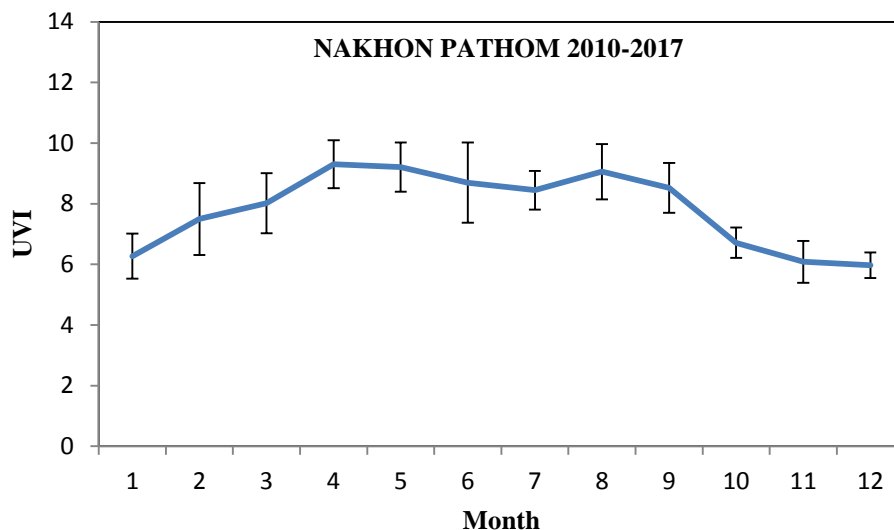
รูปที่ 3.40 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของสถานีนครปฐมปี 2015



รูปที่ 3.41 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของ
สถานีนครปฐมปี 2016

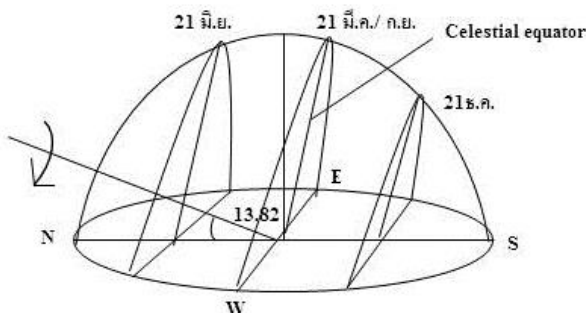


รูปที่ 3.42 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาเที่ยงวันของ
สถานีนครปฐมปี 2017



รูปที่ 3.43 การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีระยะยาว ที่เวลาเที่ยงวันของสถานีนครปฐมปี 2010-2017

จากกราฟจะเห็นได้ว่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคม โดยจะมีค่าประมาณ 5-6 จนถึงค่าสูงสุดที่เดือนพฤษภาคมซึ่งมีค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตประมาณ 10 และจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงเดือนกันยายน จากนั้นดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม โดยการแปรค่าตามวันในรอบปีของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตเกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ (apparent path) นั่นคือระนาบทางเดินปรากฏดวงอาทิตย์จะเลื่อนจากซีกฟ้าใต้ตั้งแต่วันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคมเข้าหาเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (celestial equator) ทำให้มุมเซนนิซของดวงอาทิตย์มีค่าน้อยลงส่งผลให้ค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมีค่าเพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกันเมื่อระนาบทางเดินปรากฏดวงอาทิตย์เลื่อนเข้าหาซีกฟ้าเหนือทำให้มุมเซนนิซของดวงอาทิตย์มีค่าเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมีค่าลดลง แสดงดังรูป 3.44 นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝนซึ่งมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าค่อนข้างสูงทำให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มาถึงพื้นผิวโลกมีปริมาณลดลง

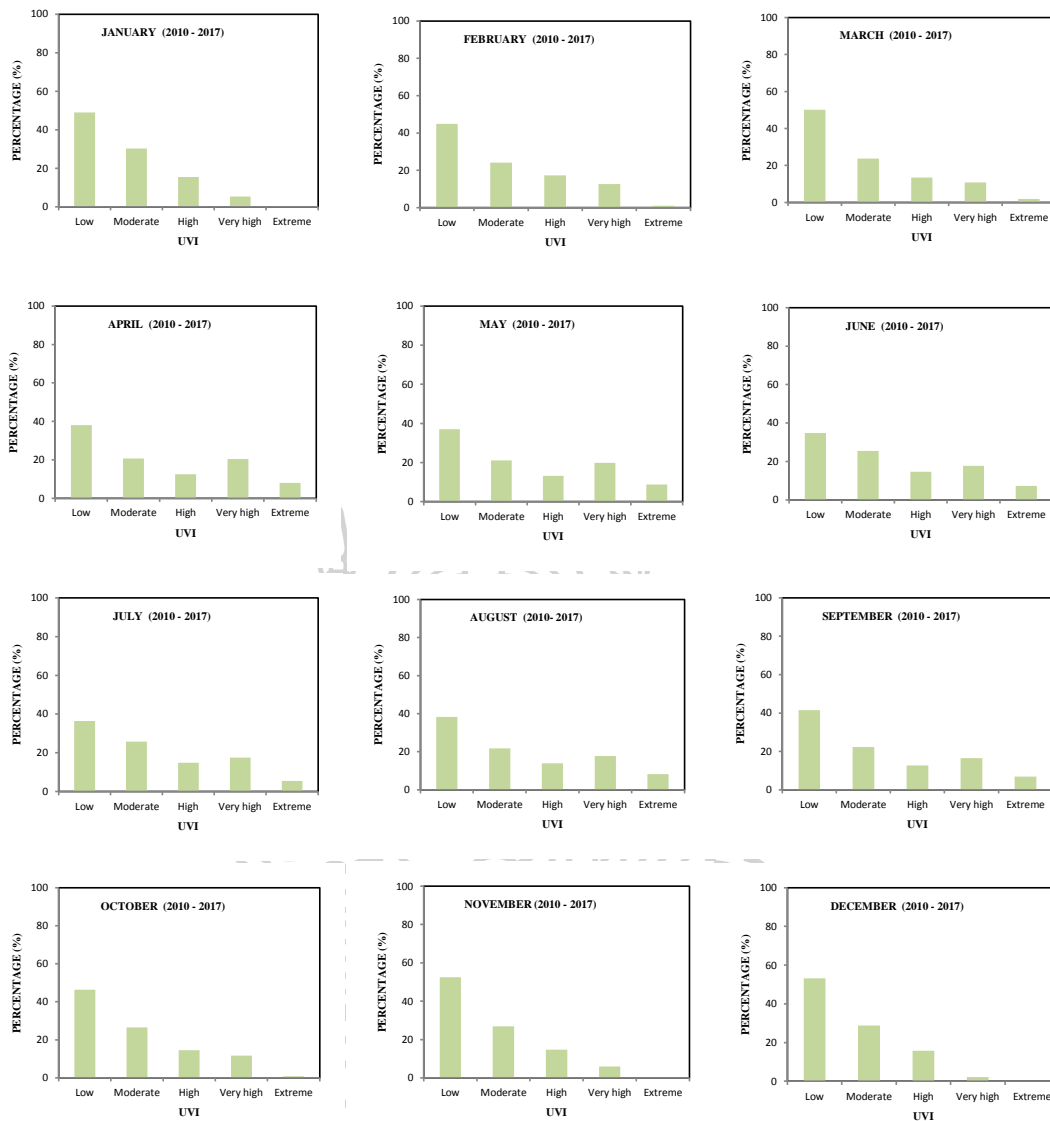


รูปที่ 3.44 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ที่สถานีนครปฐม

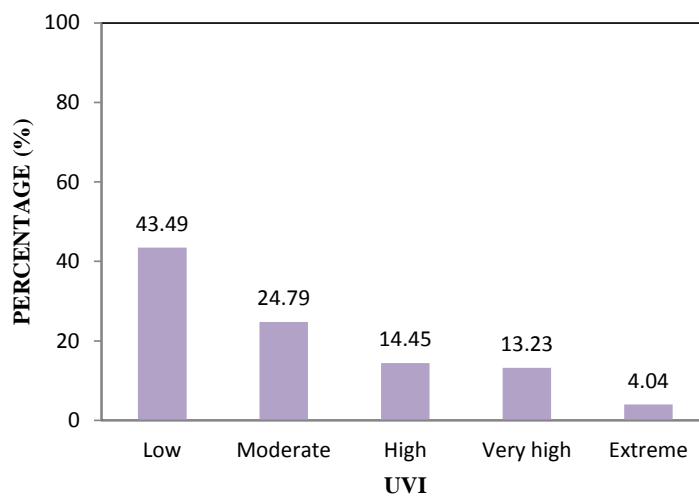
3.3.3 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมง

ผู้วิจัยนำข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงตั้งแต่ 6.00 – 18.00 น. ในช่วงปี ค.ศ. 2013-2017 มาทำการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงในเดือนต่างๆ ที่สถานีนครปฐม โดยแบ่งระดับของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตตาม World Health Organization (WHO) นั่นคือ ค่า 0-2 อยู่ในระดับต่ำ (low) ค่า 3-5 อยู่ในระดับปานกลาง (moderate) ค่า 6-7 อยู่ในระดับสูง (high) ค่า 8-10 อยู่ในระดับสูงมาก (very high) และค่ามากกว่า 11 อยู่ในระดับสูงสุดขีด (extreme) จากนั้นนำมาเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 3.45 และตารางที่ 3.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตที่อยู่ในระดับสูงสุดขีดจะพบในเดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน ส่วนเดือนอื่นๆ จะพบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตในระดับต่ำถึงสูงมาก ยกเว้นในเดือนธันวาคม จะพบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตถึงระดับสูงเท่านั้น

จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดมาหาการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงตลอดปี ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.46 ซึ่งพบว่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตที่อยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก และสูงสุดขีด คิดเป็น 43.49% 24.78% 14.44% 13.23% และ 4.04% ตามลำดับ



รูปที่ 3.45 การแจกแจงดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงในเดือนต่างๆ ที่สถานีนครปฐม



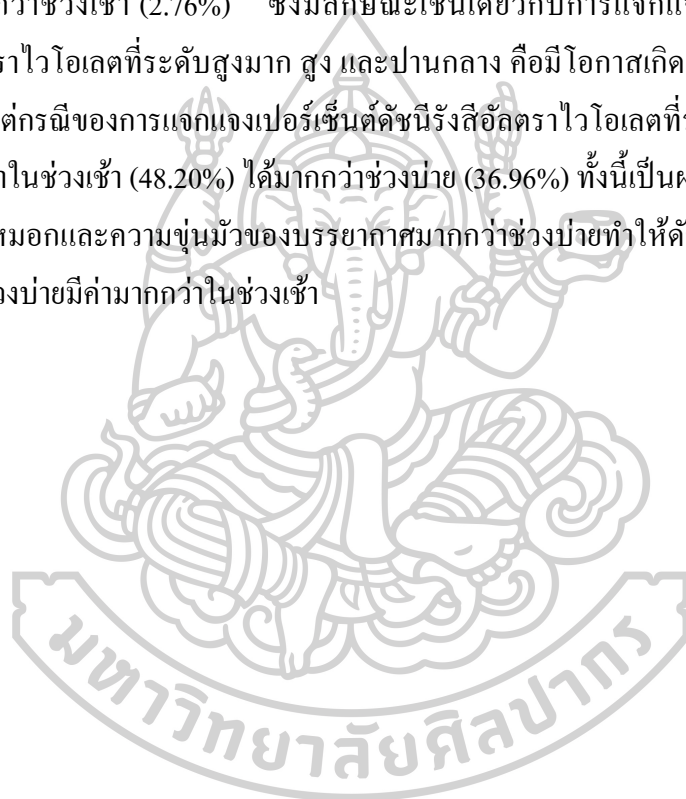
รูปที่ 3.46 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมง ปี 2010 – 2017 ที่สถานี นครปฐม

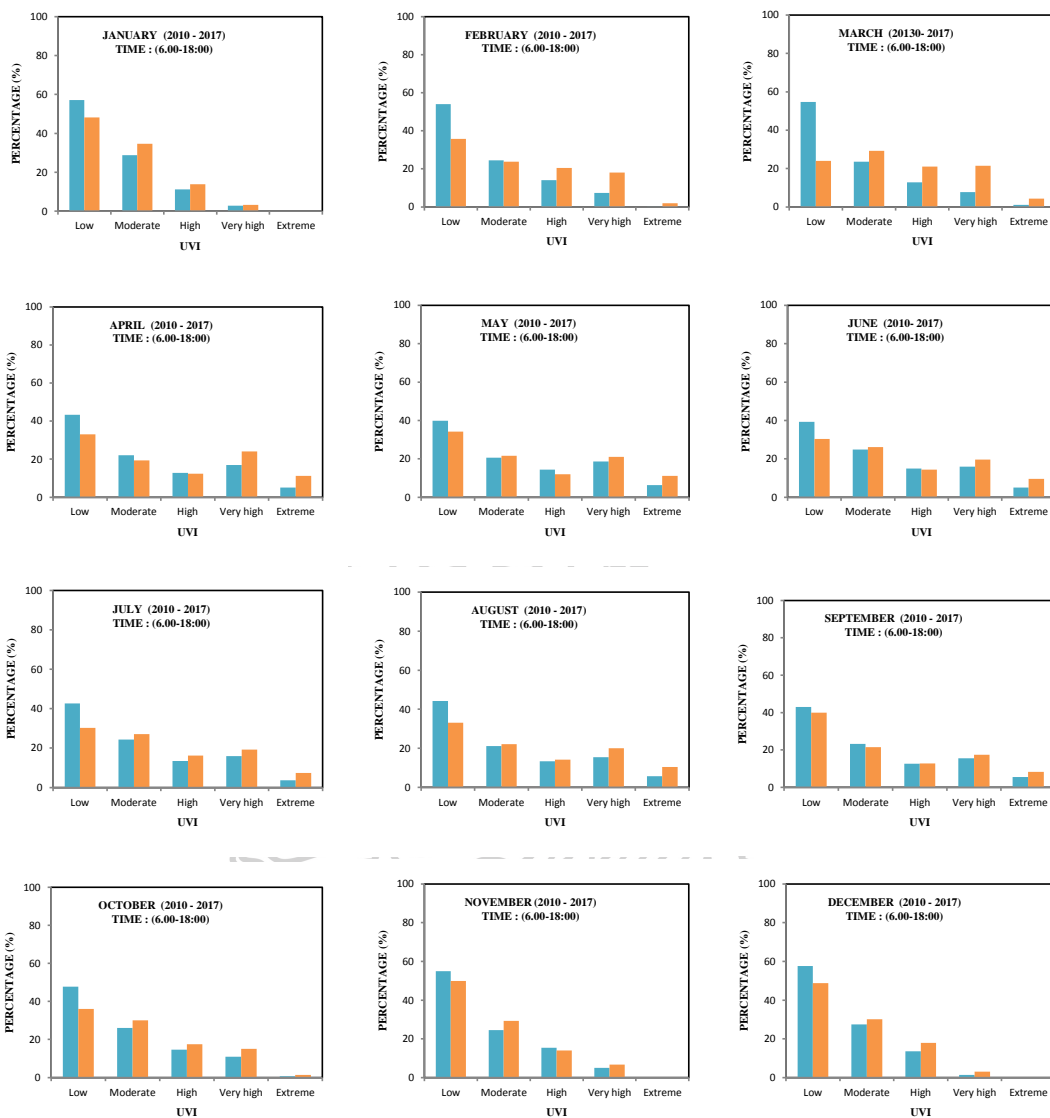
ตารางที่ 3.2 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมงในเดือนต่างๆ ที่สถานี นครปฐม

Month	Percentage (%)				
	Low	Moderate	High	Very high	Extreme
January	48.98	30.22	15.45	5.33	0.00
February	44.82	24.17	17.30	12.68	1.00
March	50.03	23.68	13.51	10.87	1.89
April	38.13	20.74	12.55	20.46	8.10
May	37.07	21.05	13.23	19.85	8.77
June	34.78	25.49	14.66	17.77	7.28
July	36.37	25.74	14.81	17.59	5.46
August	38.25	21.77	13.94	17.83	8.19
September	41.48	22.34	12.72	16.52	6.90
October	46.34	26.45	14.60	11.98	0.90
November	52.41	26.93	14.75	5.90	0.00
December	53.21	28.79	15.76	2.22	0.00
Average	43.49	24.78	14.44	13.23	4.04

เนื่องจากดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีการแปรค่าตามเวลาในรอบวัน ผู้วิจัยจึงแบ่งข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงออกเป็นช่วงเช้า (6.00-12.00 น.) และช่วงบ่าย (12.00-18.00 น.) แล้วทำการหาการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาดังกล่าว ผลที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.47 และตารางที่ 3.3

จากผลที่ได้พบว่า ค่าการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ระดับสูงสุดขีด (extreme) พบในช่วงเดือนมีนาคมถึงกันยายน โดยพบในช่วงบ่าย (5.45%) มากกว่าช่วงเช้า (2.76%) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ระดับสูงมาก สูง และปานกลาง คือมีโอกาสเกิดในช่วงบ่ายมากกว่าช่วงเช้า แต่กรณีของการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ระดับต่ำ พบว่ามีโอกาสพบในช่วงเช้า (48.20%) ได้มากกว่าช่วงบ่าย (36.96%) ทั้งนี้เป็นผลมาจากช่วงเช้าจะมีผลของหมอกและความขุ่นมัวของบรรยากาศมากกว่าช่วงบ่ายทำให้ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงบ่ายมีค่ามากกว่าในช่วงเช้า





รูปที่ 3.47 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมง (เช้า-บ่าย) ในเดือนต่าง ๆ ของสถานีนครปฐม

ตารางที่ 3.3 การแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายชั่วโมง (เช้า-บ่าย) สถานี นครปฐม

Month	Percentage %									
	Low		Moderate		High		Very high		Extreme	
	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon	Morning	Afternoon
January	57.16	48.17	28.83	34.63	11.23	13.90	2.78	3.30	0.00	0.00
February	53.94	35.71	24.54	23.81	14.10	20.51	7.33	18.04	0.09	1.92
March	54.70	23.95	23.64	29.28	12.89	21.05	7.75	21.42	1.03	4.30
April	43.26	33.02	22.11	19.39	12.71	12.39	16.89	24.03	5.03	11.16
May	39.92	34.24	20.58	21.53	14.44	12.05	18.67	21.04	6.39	11.14
June	39.22	30.35	24.81	26.17	15.00	14.32	15.94	19.61	5.03	9.55
July	42.71	30.31	24.34	27.05	13.44	16.12	15.91	19.21	3.60	7.31
August	44.27	33.09	21.10	22.15	13.44	14.26	15.42	20.00	5.77	10.49
September	43.03	40.02	23.24	21.44	12.66	12.78	15.53	17.50	5.54	8.26
October	47.74	35.99	26.09	30.09	14.65	17.50	10.86	15.04	0.66	1.38
November	54.92	49.96	24.58	29.25	15.42	14.08	5.08	6.71	0.00	0.00
December	57.60	48.76	27.47	30.16	13.56	17.99	1.37	3.08	0.00	0.00
Average	48.20	36.96	24.27	26.24	13.62	15.58	11.12	15.74	2.76	5.45

3.4 การพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตเบื้องต้น

ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นตัวบอกระดับความรุนแรงของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีผลต่อผิวหนังมนุษย์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเลตที่ตกกระทบพื้นผิวโลก ซึ่งหากสามารถพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตแม่นยำก็จะสามารถใช้ในการเตือนภัยหรือบอกระดับความรุนแรงของรังสีอัลตราไวโอเลตที่ถูกต้อง ในงานวิจัยที่ผ่านมาของ (Gomez, 2010) ได้ทำการพัฒนาวิธีการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเลตกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆล่วงหน้า 3 วัน สำหรับประเทศสเปน โดยอาศัยแบบจำลองการส่งผ่านรังสี SBDART ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการพัฒนาวิธีการดังกล่าวเพื่อนำมาใช้พยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆรายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 9.00 – 15.00 น. สำหรับประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 2016 - 2017 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

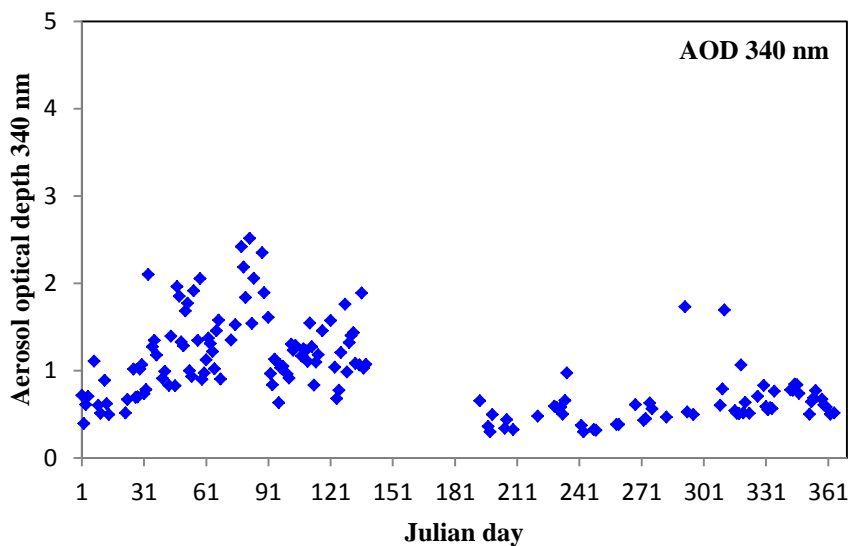
3.4.1 ข้อมูล

3.4.1.1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง

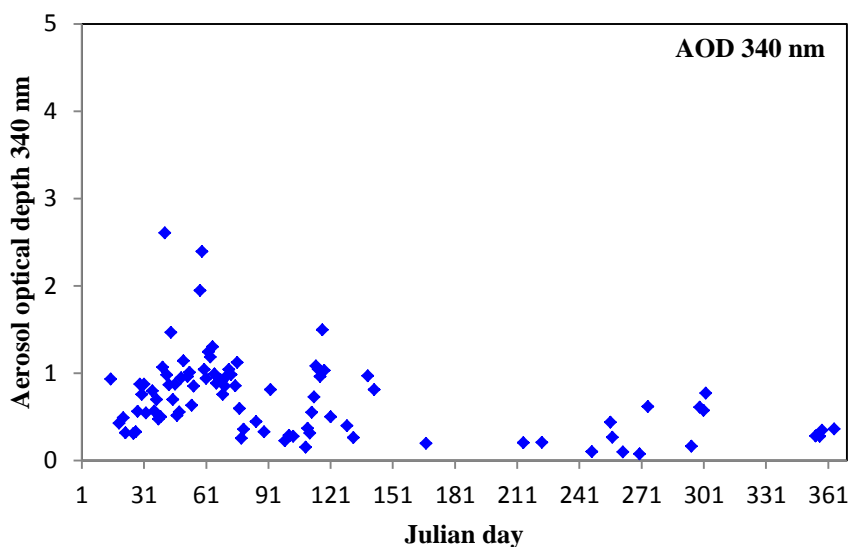
ฝุ่นละออง (aerosols) หมายถึงอนุภาคที่มีสถานะเป็นได้ทั้งของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ มีเส้นผ่านศูนย์กลางได้ตั้งแต่ 0.01 ไมโครเมตร จนถึง 100 ไมโครเมตร พบมากที่ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ชั้นบรรยากาศที่มีอนุภาคของฝุ่นละอองปะปนอยู่มากจะเกิดความขุ่นมัวของบรรยากาศ ฝุ่นละอองในบรรยากาศมีผลต่อการดูดกลืนและการกระเจิงรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ส่งมายังพื้นผิวโลก กล่าวคือสามารถลดทอนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้สูงสุดถึง 30 เปอร์เซ็นต์

ในงานนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลฝุ่นละอองที่ได้จากเครื่อง sunphotometer รุ่น CE-318 ผลิตโดยบริษัท Cimel ประกอบด้วย ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (aerosol optical depth; AOD) ตัวเลขยกกำลังของอังสตรอม (Angstrom's wavelength exponent; α) ค่าความสามารถในการกระเจิงรังสีของฝุ่นละออง (single scattering albedo; SSA) และค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฝุ่นละออง (asymmetry factor; GG) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผู้วิจัยได้เลือกค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยการรวบรวมข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่เวลาต่าง ๆ ระหว่างปี ค.ศ. 2016-2017 ตัวอย่างความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองเฉลี่ยรายวันที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.48 และ 3.49 เนื่องจากเครื่อง sunphotometer จะทำการวัดรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เฉพาะขณะที่ไม่มีเมฆบังดวงอาทิตย์ ดังนั้นในบางวันข้อมูลอาจขาดหายไปโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

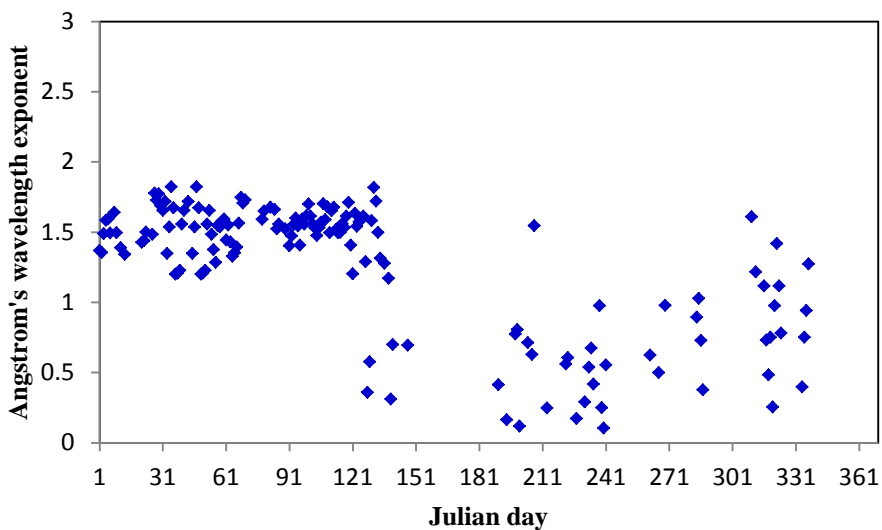


รูปที่ 3.48 การแปรค่าความลึกเชิงแสงฝุ่นละอองที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ปี ค.ศ. 2016

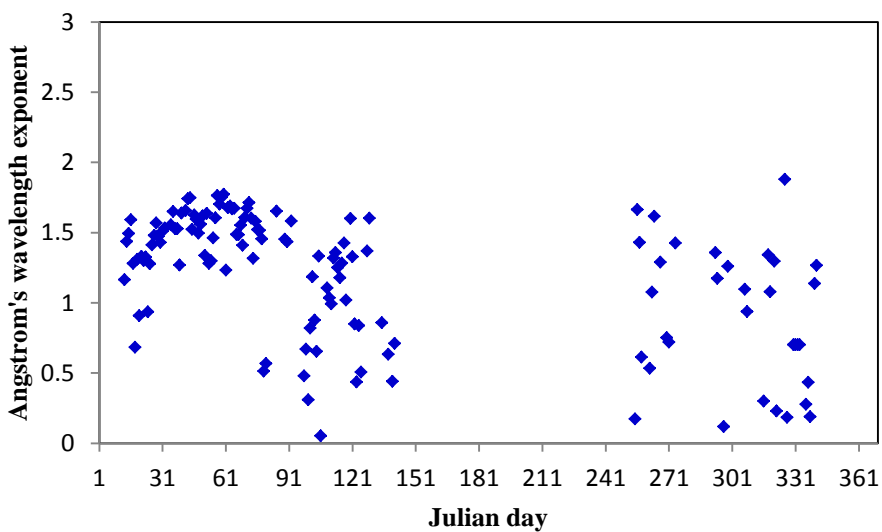


รูปที่ 3.49 การแปรค่าความลึกเชิงแสงฝุ่นละอองที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ปี ค.ศ. 2017

ตัวเลขยกกำลังของอังสตรอมซึ่งเป็นปริมาณที่บอกถึงขนาดของฝุ่นละออง ถ้าค่าตัวเลขยกกำลังของอังสตรอมมีค่าน้อยหมายความว่าฝุ่นละอองขนาดใหญ่ และถ้ามีค่ามากหมายถึงฝุ่นละอองมีขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลตัวเลขยกกำลังของอังสตรอมที่เวลาต่าง ๆ จากเครื่อง sunphotometer ในช่วงปี ค.ศ. 2016-2017 ตัวอย่างค่าตัวเลขยกกำลังของอังสตรอมเฉลี่ยรายวันแสดงดังรูปที่ 3.50 และ 3.51



รูปที่ 3.50 การแปรค่าตัวเลขยกกำลังของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2016



รูปที่ 3.51 การแปรค่าตัวเลขยกกำลังของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2017

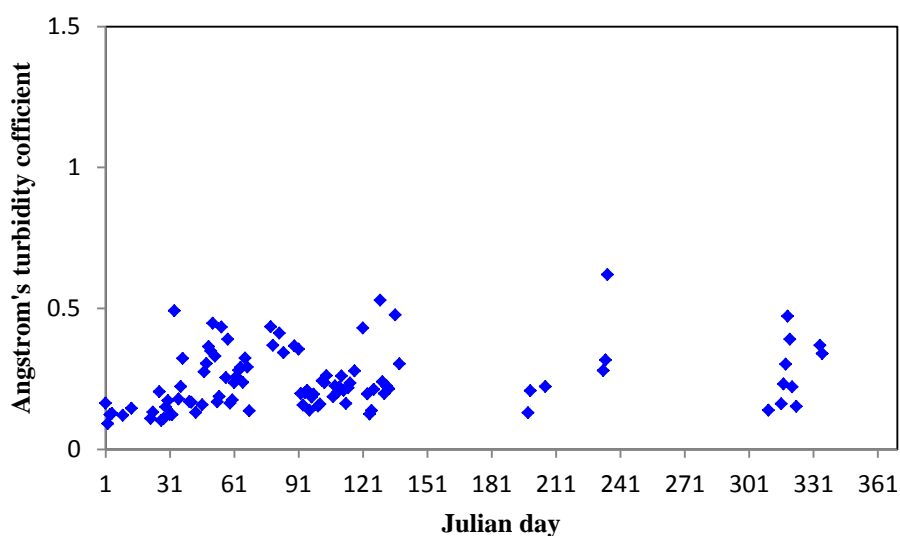
นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัว (turbidity coefficient; β) โดยค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวจะเป็นตัวบอกความหนาแน่นของฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวมีค่ามากหมายความว่ามีความขุ่นมัวมาก ผู้วิจัยใช้สมการของ Angstrom (1929) ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร จากค่าความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองและตัวเลขยกกำลังของความยาวคลื่นที่ความยาวคลื่นเดียวกัน ตามสมการ

$$AOD_{\lambda} = \beta\lambda^{-\alpha}$$

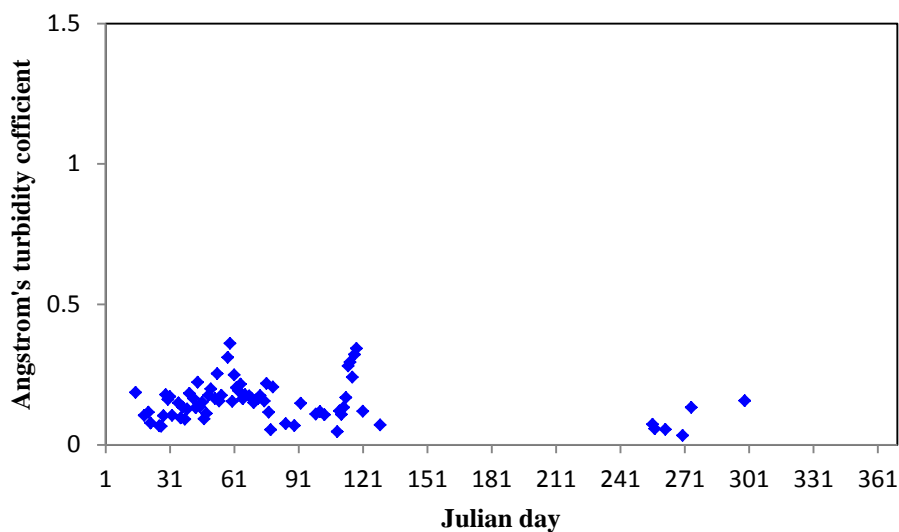
(3.8)

- เมื่อ AOD_{λ} คือ ค่าความถี่เชิงแสงของฝุ่นละออง [-]
 β คือ ความขุ่นมัวของบรรยากาศของอังสตรอม [-]
 α คือ ตัวเลขยกกำลังของอังสตรอม [-]
 λ คือ ความยาวคลื่นของรังสีอาทิตย์ [nm]

ผลของค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.52 - 3.53

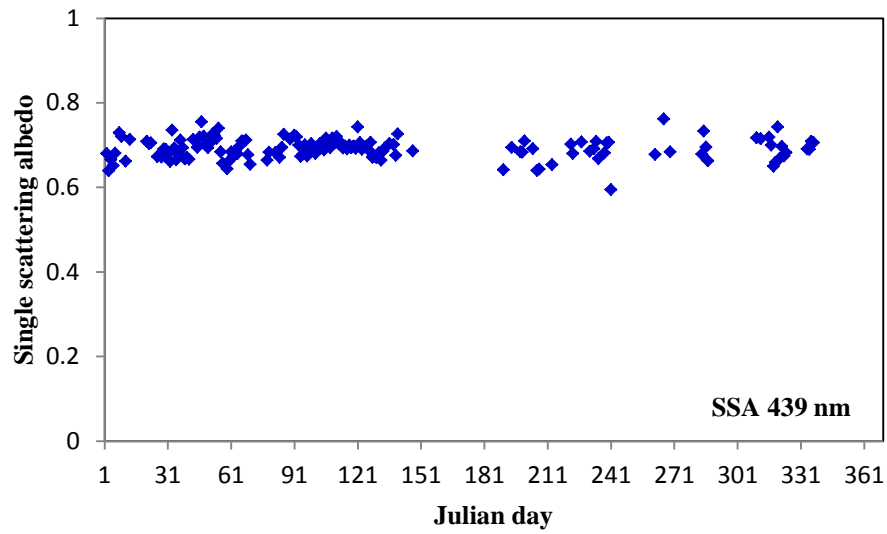


รูปที่ 3.52 การแปรค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของบรรยากาศของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2016

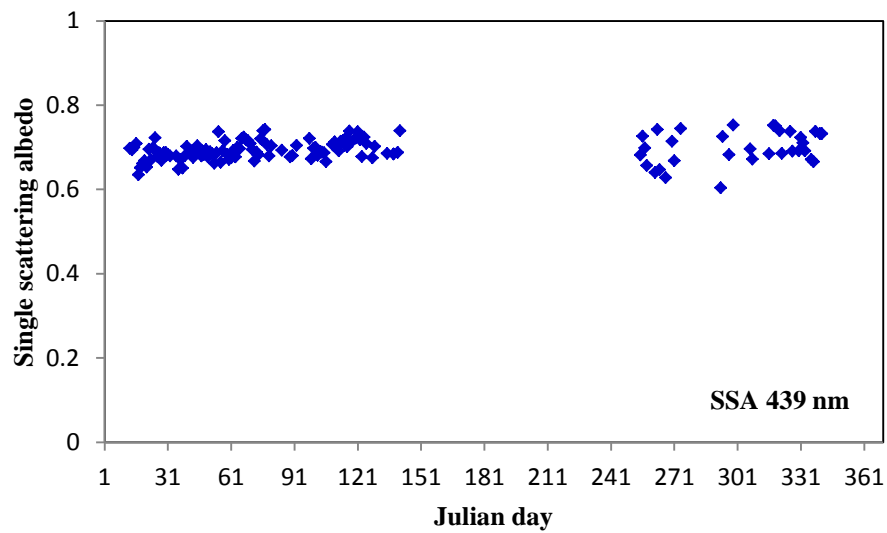


รูปที่ 3.53 การแปรค่าสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวของบรรยากาศของอังสตรอม ปี ค.ศ. 2017

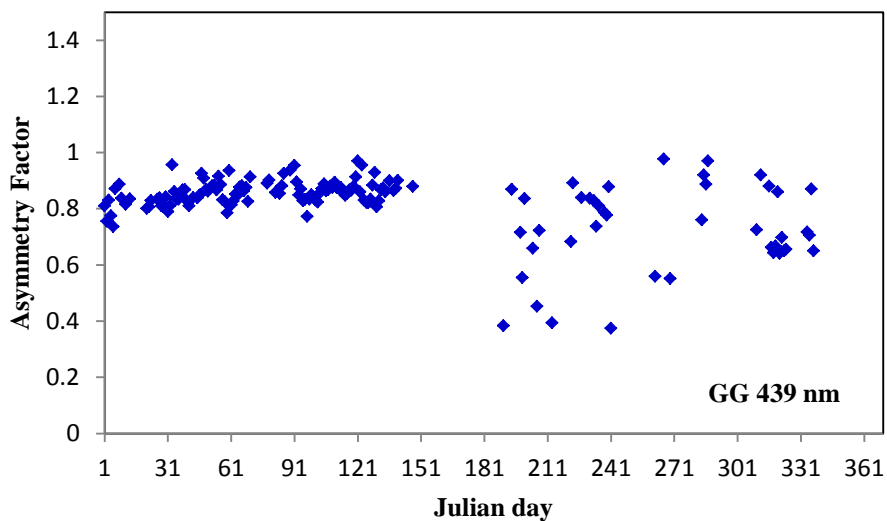
นอกจากนี้ ในการศึกษาด้านฟิสิกส์บรรยากาศยังนิยมนบอกปริมาณฝุ่นละอองในรูปของความสามารถในการกระเจิงรังสีของฝุ่นละออง (single scattering albedo; SSA) และค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฝุ่นละออง (asymmetry factor; GG) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลรายวันจากเครื่อง sunphotometer ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2016 ถึง 31 ธันวาคม 2017 โดยข้อมูลที่ได้จะอยู่ที่ความยาวคลื่น 439 นาโนเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมากที่สุด ตัวอย่างข้อมูลความสามารถในการกระเจิงรังสีของฝุ่นละออง และค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฝุ่นละออง แสดงดังรูป 3.54 – 3.57



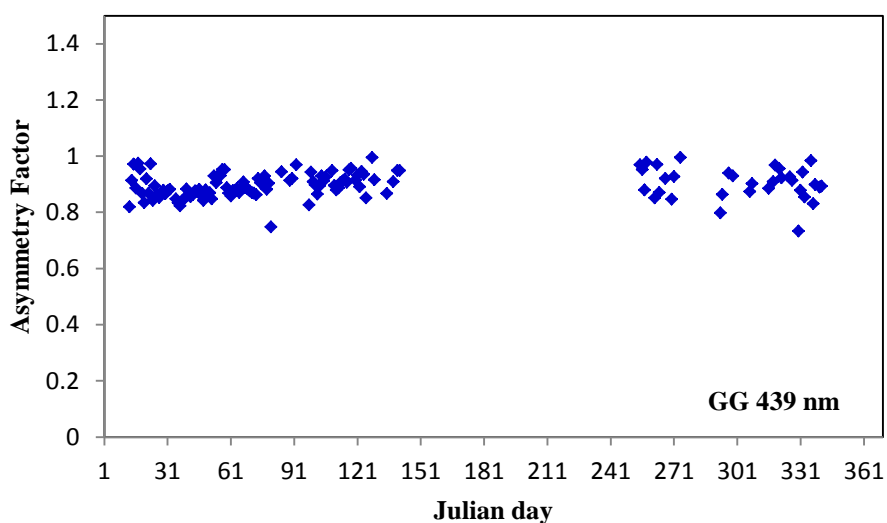
รูปที่ 3.54 การแปรค่าความสามารถในการกระเจิงรังสีของฝุ่นละออง ปี ค.ศ. 2016



รูปที่ 3.55 การแปรค่าความสามารถในการกระเจิงรังสีของฝุ่นละออง ปี ค.ศ. 2017



รูปที่ 3.56 การแปรค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฝุ่นละออง ปี ค.ศ. 2016



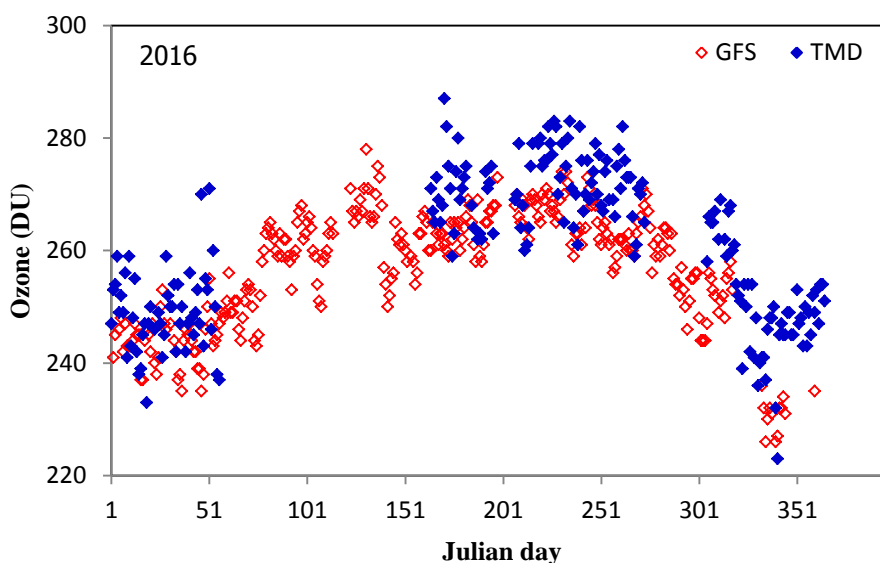
รูปที่ 3.57 การแปรค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฝุ่นละออง ปี ค.ศ. 2017

3.4.1.2 ข้อมูลปริมาณโอโซน

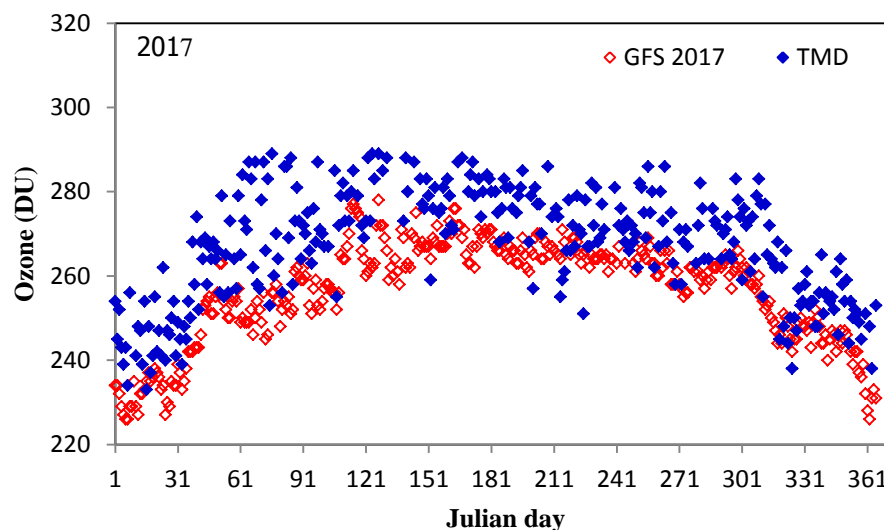
เนื่องจากโอโซนในบรรยากาศสามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มายังพื้นโลกได้ ดังนั้นในการพยากรณ์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต ผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้ข้อมูลโอโซนที่ได้จาก Global Forecast System (GFS) ของ National Centre for Environmental Prediction (NCEP) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลโอโซนที่มีการพยากรณ์มาแล้ว สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จาก <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global->

forecast-system-gfs ข้อมูลดังกล่าวจะครอบคลุมทั่วโลก มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 28x28 ตารางกิโลเมตร สามารถพยากรณ์ค่าได้สูงสุด 16 วันล่วงหน้า โดย GFS model ครอบคลุมแบบจำลองทางบรรยากาศที่สำคัญ 4 ตัว คือ แบบจำลองทางบรรยากาศ (atmosphere model) แบบจำลองทางมหาสมุทร (ocean model) แบบจำลองทางพื้นดิน (soil/land model) และแบบจำลองธารน้ำแข็ง (sea ice model) ซึ่งทั้ง 4 แบบจำลองนี้จะทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำที่สุด ข้อมูลโอโซนที่ได้จากการพยากรณ์โดย GFS model จะทำการพยากรณ์ค่าที่ทุก ๆ 3 ชั่วโมง สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลโอโซนในช่วงปี ค.ศ. 2016 – 2017 ที่เวลา 13.00 น. (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)

ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโอโซนที่ได้จาก GFS model ผู้วิจัยจะทำเปรียบเทียบข้อมูลโอโซนจาก GFS model กับข้อมูลโอโซนที่ได้จากเครื่องวัด Dobson spectrophotometer ของกรมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Department of Thailand : TMD) ผลการเปรียบเทียบโอโซนที่ได้จาก GFS model และจาก Dobson spectrophotometer แสดงดังรูปที่ 3.58 – 3.59



รูปที่ 3.58 การเปรียบเทียบโอโซนจากกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) และโอโซนจากการพยากรณ์ (GFS) ปี ค.ศ. 2016



รูปที่ 3.59 การเปรียบเทียบโอโซนจากกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) และโอโซนจากการพยากรณ์ (GFS) ปี ค.ศ. 2017

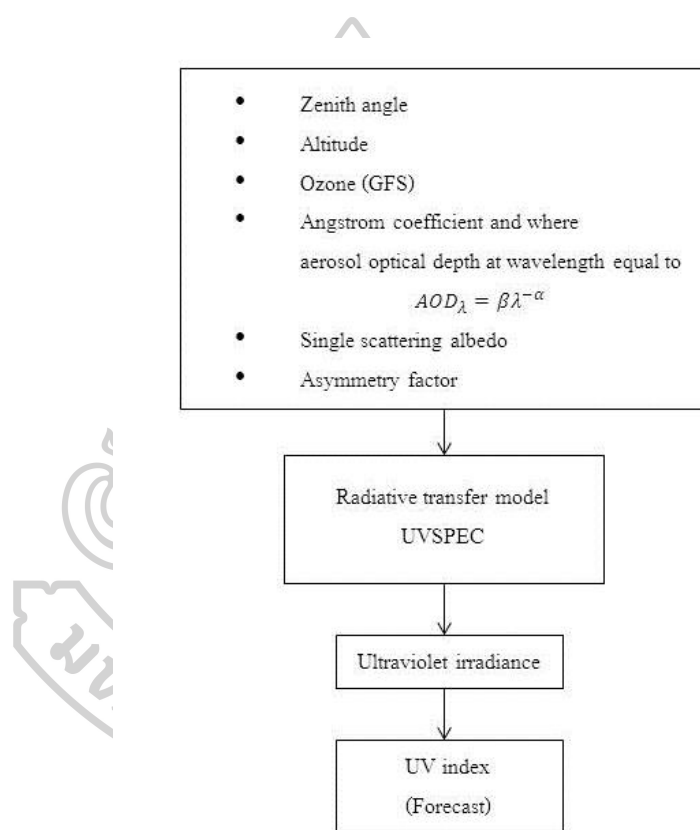
จากรูปแสดงให้เห็นว่าข้อมูลโอโซนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วย GFS model มีแนวโน้มการแปรค่าในรอบปีลักษณะเดียวกับข้อมูลโอโซนที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีการแปรค่าโอโซนในในช่วง 220 – 300 DU ซึ่งค่าโอโซนจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคมจนถึงช่วงมิถุนายน จากนั้นโอโซนจะมีค่าลดลงจนถึงเดือนธันวาคม จากกราฟจะเห็นได้ว่าโอโซนจาก GFS model มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการวัดภาคพื้นดิน อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของโอโซนนี้ไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตมากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจะเลือกใช้ค่าโอโซนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วย GFS model

3.4.2 ขั้นตอนการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ผู้วิจัยจะใช้แบบจำลองการส่งผ่านรังสีที่เรียกว่า UVSPEC ในการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตล่วงหน้า 1 ชั่วโมง ซึ่งแบบจำลอง UVSPEC สามารถคำนวณสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้โดยการใส่ข้อมูลองค์ประกอบของบรรยากาศและตำแหน่งของดวงอาทิตย์เข้าไป รายละเอียดของแบบจำลอง UVSPEC แสดงในภาคผนวก ก

ในงานนี้ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลโอโซนที่ได้จากการพยากรณ์จาก GFS model ที่เวลา 13.00 น. ล่วงหน้า 1 วัน ค่าความสามารถในการกระเจิงแสงของฝุ่นละอองที่ความยาวคลื่น 439 นาโนเมตร และค่าความสมมาตรของการกระเจิงของฝุ่นละอองที่ความยาวคลื่น 439 นาโนเมตร จะใช้ค่าของวันก่อนหน้า 1 วัน ส่วนค่าเลขยกกำลังของอังสตรอมที่ความยาว

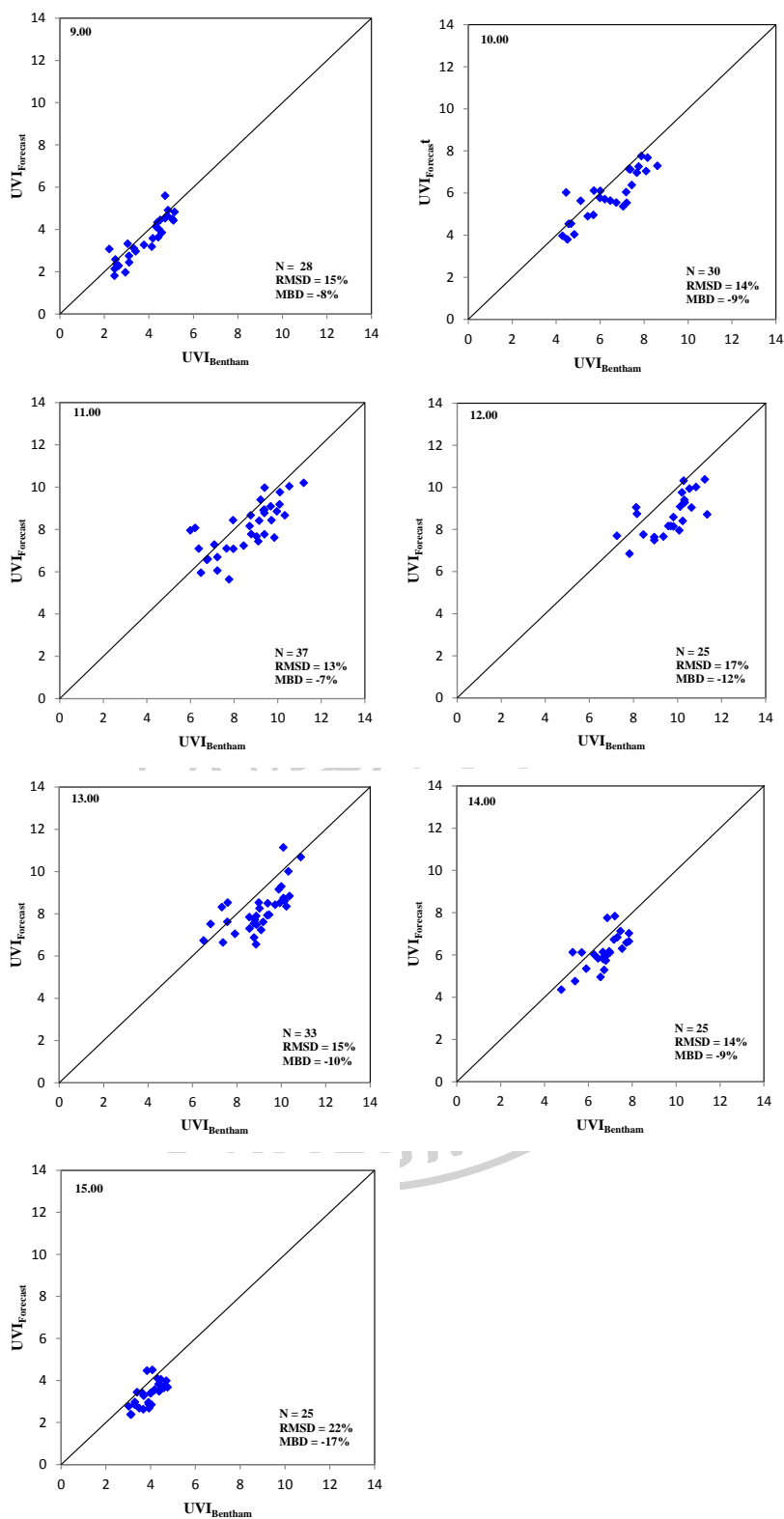
คลื่น 340 นาโนเมตร และค่าความขุ่นมัวของบรรยากาศของอังสตรอมที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร จะใช้ค่าของชั่วโมงก่อนหน้า ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลการพยากรณ์ฝุ่นละออง นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใส่ค่ามุมเซนนิซของดวงอาทิตย์ของวันและเวลาที่ต้องการพยากรณ์ด้วย ซึ่งแบบจำลอง LUSPEC จะคำนวณสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตออกมา จากนั้นผู้วิจัยจะใช้สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้มาคำนวณหาดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อไป แผนภูมิการทำงานของ UVSPEC เพื่อใช้คำนวณดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต ณ เวลาที่ใช้พยากรณ์แสดงดังรูปที่ 3.60



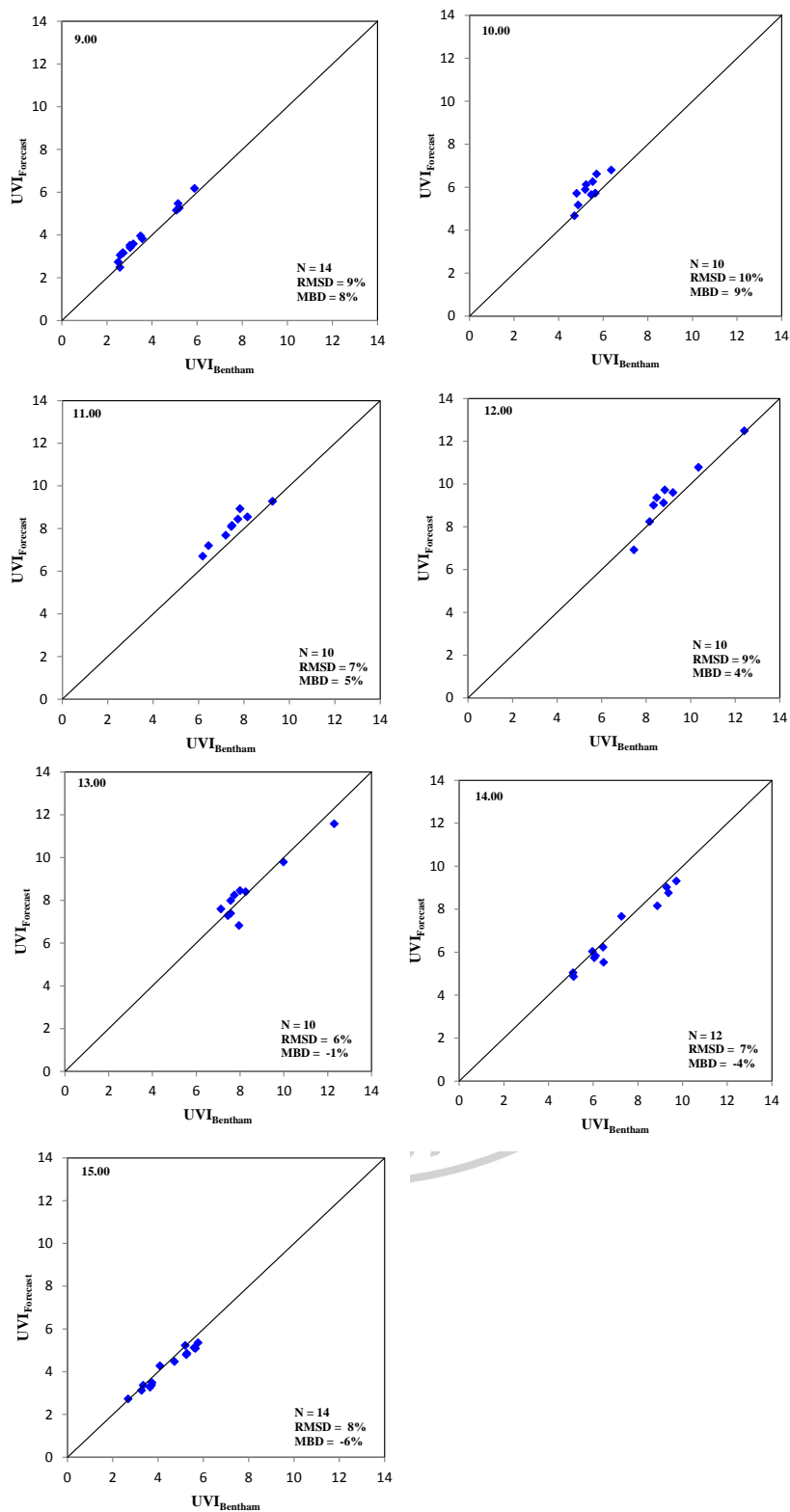
รูปที่ 3.60 แผนภูมิการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจาก แบบจำลอง UVSPEC

3.4.3 การทดสอบการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ต

หลังจากที่ได้ข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตแล้ว ผู้วิจัยจึงนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งข้อมูลที่ใช้อยู่ในช่วง 1 มกราคม 2016 - 31 ธันวาคม 2017 ที่เวลา 9.00, 10.00, 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, 15.00 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.61 – 3.62



รูปที่ 3.61 การเปรียบเทียบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์ ($UVI_{Forecast}$) และจากการวัดจริง ($UVI_{Bentham}$) ที่เวลา 9.00 -15.00 น. ปี 2016



รูปที่ 3.62 การเปรียบเทียบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์ ($UVI_{Forecast}$) และจากการวัดจริง ($UVI_{Bentham}$) ที่เวลา 9.00 -15.00 น. ปี 2017

จากกราฟการเปรียบเทียบดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์และจากการวัดจริงในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆ พบว่าข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์มีค่าต่ำกว่าข้อมูลดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการวัดภาคพื้นดิน โดยมีค่า root mean square difference (RMSD) อยู่ในช่วง 6-22% และ mean bias difference (MBD) ในช่วง -17 - 9%

การที่ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการวัดจริงอาจเป็นผลมาจากข้อมูลฝุ่นละอองที่ใช้ในการพยากรณ์เป็นค่าของวันก่อนหน้าและชั่วโมงก่อนหน้า ซึ่งฝุ่นละอองในชั่วโมงถัดไปอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว



บทที่ 4

สรุป

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ ที่จังหวัดนครปฐม โดยแบ่งงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ งานส่วนแรกเป็นการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 305 310 324 และ 380 นาโนเมตร ที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต รุ่น DMc150 และจากดาวเทียม OMI/AURA ที่สถานีนครปฐม โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2010 ถึงเดือนธันวาคม 2017 โดยแบ่งสภาพท้องฟ้าออกเป็น 2 แบบ คือ สภาพท้องฟ้าทั่วไป และสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆ ผลการเปรียบเทียบพบว่า สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากดาวเทียมมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากเครื่องวัดภาคพื้นดินทั้ง 4 ความยาวคลื่น โดยมีค่า RMSD เท่ากับ 46.5%, 24.5%, 32.4% และ 24.5% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ และค่า mean bias difference (MBD) มีค่าเท่ากับ 35.9%, 2.6%, 22.5% และ 8.5% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมฆเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างนี้ ส่วนในกรณีท้องฟ้าปราศจากเมฆพบว่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองมีค่าลดลง โดยมีค่า RMSD เท่ากับ 37.8%, 16.5%, 22.3% และ 12.5% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ และค่า MBD เท่ากับ 28.3%, -1.6%, 15.7% และ 3.0% ที่ความยาวคลื่น 305, 310, 324 และ 380 นาโนเมตร ตามลำดับ ค่าความแตกต่างนี้น่าจะเป็นผลมาจากข้อมูลฝุ่นละอองที่ใช้ในการคำนวณด้วยดาวเทียมซึ่งอาจไม่ถูกต้องเพียงพอ

สำหรับงานในส่วนที่สองเป็นการศึกษาลักษณะทางสถิติของดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งวัดด้วยเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต ผู้วิจัยใช้ข้อมูลระยะยาว 8 ปีตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2010 ถึงเดือนธันวาคม 2017 โดยศึกษาการแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เวลาเที่ยงวันเฉลี่ยต่อเดือน และการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตรายชั่วโมงในช่วงเช้า (6.00-12.00 น.) และช่วงบ่าย (12.00-18.00 น.) จากผลที่ได้พบว่าค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีการแปรค่าในรอบวันตามมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ โดยค่าจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าและจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณเที่ยงวัน ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก จากนั้นค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะลดลงจนถึงช่วงเย็น สำหรับการศึกษา

การแปรค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตามฤดูกาลในรอบปีที่เวลาที่เที่ยงวันพบว่า ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคมจนถึงค่าสูงสุดที่เดือนพฤษภาคม จากนั้นดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นผลจากทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ อีกทั้งการลดทอนขององค์ประกอบต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะเมฆในช่วงฤดูฝน จากการศึกษาการแจกแจงเปอร์เซ็นต์ของค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตตลอดทั้งปี พบว่า ค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก และสูงสุดขีด คิดเป็น 43.49% 24.78% 14.44% 13.23% และ 4.04% ตามลำดับ โดยค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตในระดับสูง สูงมาก และสูงสุดขีด จะพบในช่วงบ่ายมากกว่าช่วงเช้า

ในงานส่วนสุดท้ายเป็นการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตในสภาพท้องฟ้าปราศจากเมฆล่วงหน้า 1 ชั่วโมง ที่สถานีนครปฐม ระหว่างปี ค.ศ. 2016-2017 โดยผู้วิจัยอาศัยแบบจำลองการส่งผ่านรังสี UVSPEC และข้อมูลอินพุตที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณโอโซนจากการพยากรณ์ด้วย GFS model ข้อมูลฝุ่นละอองจากการวัดภาคพื้นดิน และมุมเซนนิธของดวงอาทิตย์ ในการทดสอบสมรรถนะของวิธีการดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้จากการพยากรณ์เทียบกับค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต ผลที่ได้พบว่ามีค่าความแตกต่างกันรูปของ RMSD ในช่วง 6-22% และ MBD ในช่วง -17-9%

ข้อเสนอแนะ

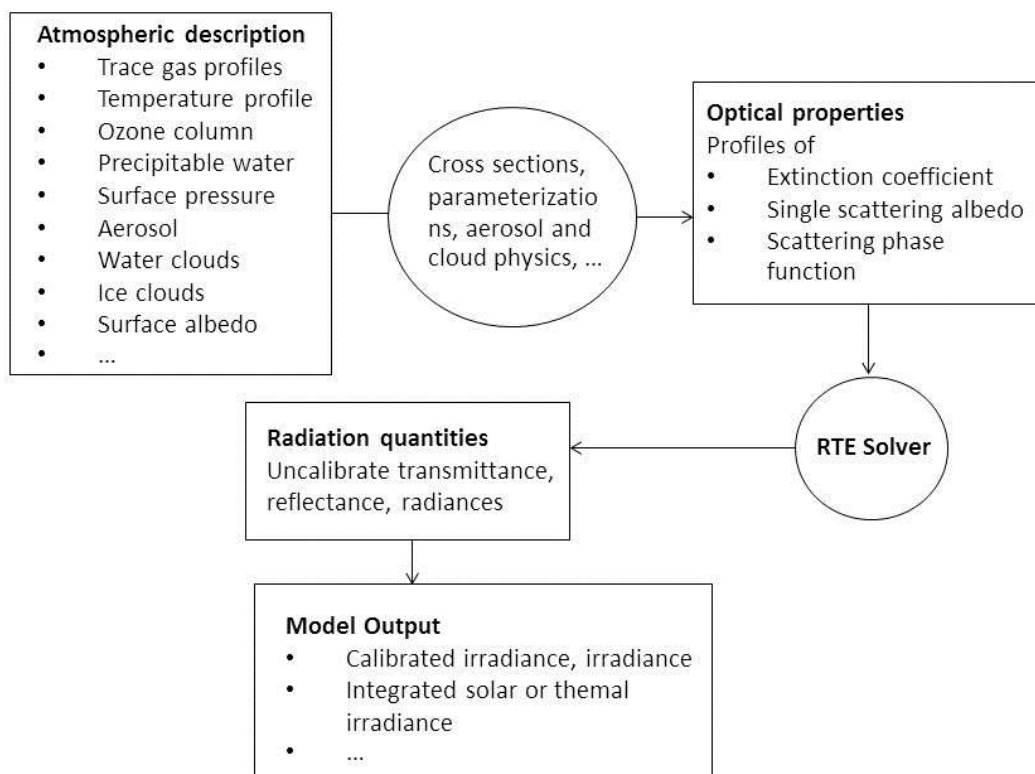
เนื่องจากข้อมูลสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นข้อมูลสำคัญ ในประเทศไทยยังมีเครื่องวัดอยู่น้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ทำการติดตั้งเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพิ่มเติม เพื่อนำข้อมูลมาใช้งานด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้กว้างขวางต่อไป



แบบจำลองการถ่ายเทรังสี UVSPEC

แบบจำลองการถ่ายเทรังสี (radiative transfer model) เป็นแบบจำลองสำหรับการคำนวณค่าการถ่ายเทพลังงานในรูปแบบของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นแสงสว่างจนถึงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตบี พัฒนาขึ้นโดย Chandrasekhar (1960) ซึ่งได้แนวความคิดมาจากการที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่รังสีลงมายังพื้นผิวโลกและผ่านชั้นบรรยากาศลงมาจะเกิดการกระเจิงและการดูดกลืนจากโมเลกุลต่างๆในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดการลดทอนรังสีที่มายังพื้นผิวโลก สำหรับกระบวนการดูดกลืนจะทำให้ความเข้มรังสีมีค่าเพิ่มมากขึ้น

กระบวนการในการแก้ปัญหาโดยมากจะใช้กระบวนการเชิงตัวเลข (numerical method) ได้รับแนวคิดมาจากความคิดที่ว่าในบรรยากาศนั้นจะประกอบไปด้วยชั้นบรรยากาศหลายๆชั้น ซึ่งแต่ละชั้นจะมีคุณสมบัติขององค์ประกอบเหมือนกัน ซึ่งวิธีที่ใช้มีด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบันด้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตคือ Discrete – ordinate method (DISORT) พัฒนาโดย Stamnes et al (1988) ในส่วนของโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อคำนวณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมากคือ UVSPEC พัฒนาโดย Mayer et al (2009) ซึ่งแบบจำลองจะทำการคำนวณสเปกตรัมรังสีที่อยู่ในช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ตและรังสีที่ตามองเห็นได้ โดยสามารถใส่การแปรค่าต่างๆทางบรรยากาศและตัวแปรที่มีผลต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้เช่น มุมเซนนิธ (julian day) วันในรอบปี (julian day) ปริมาณ โอโซน (ozone) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวโลก (surface albedo) เป็นต้น โดยมีโครงสร้างของแบบจำลองการถ่ายเทรังสี UVSPEC ดังนี้



รูปที่ A1 โครงสร้างการทำงานของ UVSPEC

ในส่วนของ output ที่ได้จากแบบจำลอง UVSPEC มีทั้งหมด 8 ตัว คือ ความยาวคลื่น (λ) ค่าความเข้มรังสีตรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมายังพื้นผิวโลก (rflidir) ค่าความเข้มรังสีกระจายของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมายังพื้นผิวโลก (rflidn) ค่าความเข้มของรังสีตรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สะท้อนกลับสู่บรรยากาศ (flup) ค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตเฉลี่ย (uavg) ค่าความเข้มรังสีตรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตเฉลี่ย (uavgso) ค่าความเข้มรังสีกระจายของรังสีอัลตราไวโอเล็ตเฉลี่ยที่ลงมายังพื้นผิวโลก (uavgdn) และค่าความเข้มรังสีกระจายของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สะท้อนกลับสู่บรรยากาศ (uavgup) ซึ่งค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมายังพื้นผิวโลกจะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตตรงและค่าความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตกระจาย เป็นไปตามสมการ

$$\text{irr_down} = \text{rfl_dir} + \text{rfl_dn}$$

เมื่อ irr_down	คือ	ค่าความเข้มรังสีรวมของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมายังพื้นผิวโลก
rfl_dir	คือ	ค่าความเข้มรังสีตรงของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมายังพื้นผิวโลก
rfl_dn	คือ	ค่าความเข้มรังสีกระจายของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ลงมายังพื้นผิวโลก

ตัวอย่าง input ของแบบจำลองการถ่ายเทรังสี UVSPEC

data_files_path data/

atmosphere_file data/atmmod/afgl.dat

solar_file data/solar_flux/apm_1nm

rte_solver disort2

deltam on

nstr 6

ozone_column

albedo 0.05

zout 0.10

wvn 280.0 400.0

day_of_year

sza

aerosol_default

aerosol_set_ssa

aerosol_set_gg

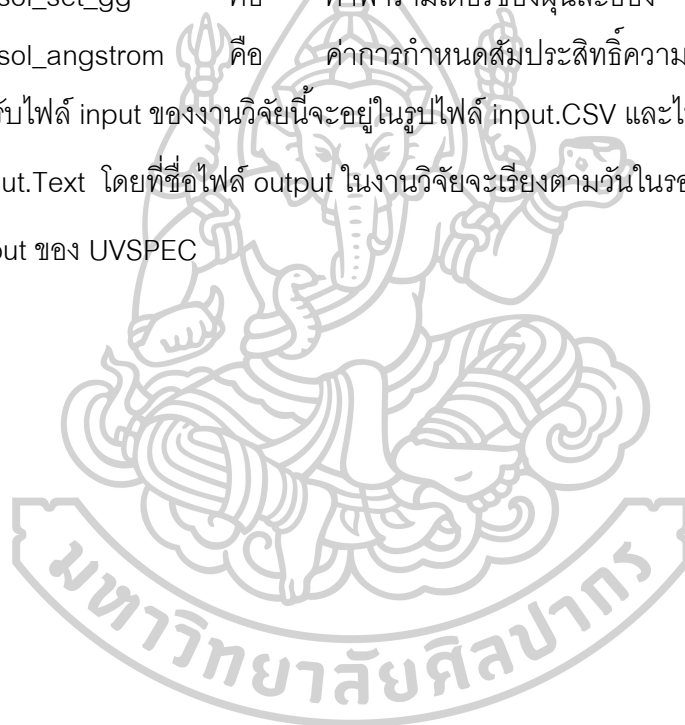
aerosol_angstrom

เมื่อ data_file_path.data/	คือ	ตำแหน่งที่อยู่ของไฟล์ที่นำมาใช้ในการคำนวณข้อมูล
atmosphere_file data/	คือ	ข้อมูล profile ของบรรยากาศ
solar_file data /	คือ	ไฟล์สเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก
rte_solver disort2	คือ	สมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาค่าการถ่ายเทรังสี
deltam on	คือ	Deltam-Msacling

ozone_column	คือ	ปริมาณโอโซน
albedo	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่พื้นผิวโลก
zout	คือ	ค่าความสูงของเครื่องมือจากพื้นดินที่ทำการวัด
wvn	คือ	ช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต
day_of_year	คือ	วันในรอบปี
sza	คือ	มุม zenith ของดวงอาทิตย์
aerosol_default	คือ	ค่าการกำหนดคุณสมบัติของฝุ่นละออง
aresol_set_ssa	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่พื้นผิวโลก
aerosol_set_gg	คือ	ค่าพารามิเตอร์ของฝุ่นละออง
aerosol_angstrom	คือ	ค่าการกำหนดสัมประสิทธิ์ความขุ่นมัวในบรรยากาศ

สำหรับไฟล์ input ของงานวิจัยนี้จะอยู่ในรูปไฟล์ input.csv และไฟล์ output จะอยู่ในรูปของไฟล์ outout.Text โดยที่ชื่อไฟล์ output ในงานวิจัยจะเรียงตามวันในรอบปี

ตัวอย่าง output ของ UVSPEC



wavelength	edir	edn	eup	uavgdir	uavgdn	uavgup
280	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
281	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
282	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
283	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
284	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
285	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
286	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
287	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
288	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
289	7.31E-05	4.99E-04	1.72E-05	8.72E-06	6.18E-05	2.73E-06
290	3.87E-04	2.64E-03	9.09E-05	4.61E-05	3.29E-04	1.45E-05
291	1.19E-03	8.13E-03	2.80E-04	1.42E-04	1.01E-03	4.45E-05
292	4.48E-03	3.08E-02	1.06E-03	5.33E-04	3.86E-03	1.68E-04
293	1.02E-02	6.99E-02	2.40E-03	1.21E-03	8.78E-03	3.82E-04
294	2.60E-02	1.79E-01	6.16E-03	3.09E-03	2.26E-02	9.80E-04
295	5.32E-02	3.66E-01	1.26E-02	6.32E-03	4.63E-02	2.00E-03
296	1.32E-01	9.08E-01	3.12E-02	1.56E-02	1.15E-01	4.96E-03
297	1.99E-01	1.37E+00	4.71E-02	2.36E-02	1.74E-01	7.49E-03
298	3.93E-01	2.71E+00	9.31E-02	4.66E-02	3.45E-01	1.48E-02
299	5.77E-01	3.96E+00	1.36E-01	6.82E-02	5.05E-01	2.17E-02
300	8.32E-01	5.70E+00	1.96E-01	9.83E-02	7.29E-01	3.12E-02
301	1.36E+00	9.28E+00	3.19E-01	1.61E-01	1.19E+00	5.08E-02
302	1.68E+00	1.14E+01	3.93E-01	1.99E-01	1.46E+00	6.25E-02
303	3.50E+00	2.36E+01	8.14E-01	4.12E-01	3.03E+00	1.30E-01
304	3.93E+00	2.63E+01	9.05E-01	4.63E-01	3.37E+00	1.44E-01

wavelength	edir	edn	eup	uavgdir	uavgdn	uavgup
305	5.64E+00	3.76E+01	1.30E+00	6.64E-01	4.83E+00	2.06E-01
306	5.81E+00	3.83E+01	1.32E+00	6.84E-01	4.93E+00	2.11E-01
307	7.87E+00	5.15E+01	1.78E+00	9.26E-01	6.63E+00	2.83E-01
308	9.62E+00	6.23E+01	2.16E+00	1.13E+00	8.03E+00	3.43E-01
309	9.61E+00	6.15E+01	2.13E+00	1.13E+00	7.93E+00	3.39E-01
310	1.06E+01	6.75E+01	2.34E+00	1.25E+00	8.71E+00	3.73E-01
311	1.66E+01	1.04E+02	3.62E+00	1.95E+00	1.34E+01	5.76E-01
312	1.64E+01	1.02E+02	3.55E+00	1.93E+00	1.32E+01	5.65E-01
313	1.89E+01	1.15E+02	4.03E+00	2.21E+00	1.49E+01	6.41E-01
314	2.03E+01	1.22E+02	4.28E+00	2.37E+00	1.58E+01	6.81E-01
315	2.16E+01	1.29E+02	4.52E+00	2.53E+00	1.67E+01	7.19E-01
316	1.93E+01	1.14E+02	3.99E+00	2.26E+00	1.47E+01	6.35E-01
317	2.75E+01	1.60E+02	5.61E+00	3.21E+00	2.06E+01	8.93E-01
318	2.56E+01	1.46E+02	5.16E+00	2.98E+00	1.89E+01	8.21E-01
319	2.88E+01	1.63E+02	5.76E+00	3.36E+00	2.11E+01	9.16E-01
320	3.12E+01	1.73E+02	6.13E+00	3.64E+00	2.24E+01	9.76E-01
321	3.30E+01	1.82E+02	6.46E+00	3.85E+00	2.36E+01	1.03E+00
322	3.19E+01	1.72E+02	6.13E+00	3.71E+00	2.23E+01	9.75E-01
323	3.02E+01	1.61E+02	5.75E+00	3.51E+00	2.09E+01	9.14E-01
324	3.75E+01	1.99E+02	7.09E+00	4.36E+00	2.57E+01	1.13E+00
325	3.93E+01	2.04E+02	7.30E+00	4.56E+00	2.64E+01	1.16E+00
326	5.12E+01	2.63E+02	9.43E+00	5.95E+00	3.40E+01	1.50E+00
327	5.24E+01	2.66E+02	9.55E+00	6.08E+00	3.44E+01	1.52E+00
328	4.90E+01	2.44E+02	8.80E+00	5.69E+00	3.16E+01	1.40E+00
329	5.68E+01	2.80E+02	1.01E+01	6.58E+00	3.62E+01	1.61E+00
330	6.29E+01	3.06E+02	1.11E+01	7.29E+00	3.96E+01	1.76E+00
331	5.57E+01	2.67E+02	9.67E+00	6.45E+00	3.45E+01	1.54E+00
332	5.87E+01	2.78E+02	1.01E+01	6.79E+00	3.59E+01	1.61E+00

wavelength	edir	edn	eup	uavgdir	uavgdn	uavgup
333	5.81E+01	2.71E+02	9.89E+00	6.71E+00	3.51E+01	1.57E+00
334	5.84E+01	2.69E+02	9.82E+00	6.74E+00	3.47E+01	1.56E+00
335	6.30E+01	2.87E+02	1.05E+01	7.28E+00	3.71E+01	1.67E+00
336	5.53E+01	2.49E+02	9.12E+00	6.38E+00	3.21E+01	1.45E+00
337	5.40E+01	2.39E+02	8.81E+00	6.23E+00	3.09E+01	1.40E+00
338	6.13E+01	2.68E+02	9.88E+00	7.06E+00	3.46E+01	1.57E+00
339	6.61E+01	2.86E+02	1.06E+01	7.61E+00	3.69E+01	1.68E+00
340	7.20E+01	3.07E+02	1.14E+01	8.28E+00	3.96E+01	1.81E+00
341	6.70E+01	2.83E+02	1.05E+01	7.71E+00	3.65E+01	1.67E+00
342	7.11E+01	2.96E+02	1.10E+01	8.18E+00	3.82E+01	1.75E+00
343	7.54E+01	3.10E+02	1.16E+01	8.66E+00	4.00E+01	1.84E+00
344	6.05E+01	2.45E+02	9.18E+00	6.94E+00	3.17E+01	1.46E+00
345	7.01E+01	2.81E+02	1.05E+01	8.04E+00	3.63E+01	1.68E+00
346	7.08E+01	2.81E+02	1.06E+01	8.12E+00	3.62E+01	1.68E+00
347	7.54E+01	2.96E+02	1.11E+01	8.65E+00	3.81E+01	1.77E+00
348	7.27E+01	2.82E+02	1.06E+01	8.33E+00	3.63E+01	1.69E+00
349	7.20E+01	2.76E+02	1.04E+01	8.24E+00	3.56E+01	1.66E+00
350	8.38E+01	3.18E+02	1.20E+01	9.59E+00	4.09E+01	1.92E+00
351	8.42E+01	3.16E+02	1.20E+01	9.63E+00	4.07E+01	1.91E+00
352	8.07E+01	2.99E+02	1.14E+01	9.22E+00	3.85E+01	1.81E+00
353	8.35E+01	3.06E+02	1.17E+01	9.54E+00	3.94E+01	1.86E+00
354	9.59E+01	3.48E+02	1.33E+01	1.10E+01	4.48E+01	2.12E+00
355	9.65E+01	3.46E+02	1.33E+01	1.10E+01	4.46E+01	2.11E+00
356	9.00E+01	3.19E+02	1.23E+01	1.03E+01	4.11E+01	1.95E+00
357	7.47E+01	2.62E+02	1.01E+01	8.51E+00	3.37E+01	1.61E+00
358	6.81E+01	2.36E+02	9.14E+00	7.76E+00	3.04E+01	1.45E+00
359	7.88E+01	2.71E+02	1.05E+01	8.98E+00	3.48E+01	1.67E+00

wavelength	edir	edn	eup	uavgdir	uavgdn	uavgup
360	1.01E+02	3.43E+02	1.33E+01	1.15E+01	4.41E+01	2.12E+00
361	8.45E+01	2.84E+02	1.11E+01	9.61E+00	3.65E+01	1.76E+00
362	9.00E+01	3.00E+02	1.17E+01	1.02E+01	3.85E+01	1.86E+00
363	1.01E+02	3.32E+02	1.30E+01	1.14E+01	4.26E+01	2.06E+00
364	1.04E+02	3.40E+02	1.33E+01	1.18E+01	4.37E+01	2.12E+00
365	1.05E+02	3.40E+02	1.33E+01	1.19E+01	4.37E+01	2.12E+00
366	1.30E+02	4.16E+02	1.64E+01	1.47E+01	5.35E+01	2.61E+00
367	1.25E+02	3.98E+02	1.57E+01	1.42E+01	5.12E+01	2.50E+00
368	1.17E+02	3.69E+02	1.46E+01	1.33E+01	4.74E+01	2.32E+00
369	1.24E+02	3.87E+02	1.53E+01	1.41E+01	4.97E+01	2.44E+00
370	1.32E+02	4.07E+02	1.62E+01	1.49E+01	5.23E+01	2.57E+00
371	1.24E+02	3.79E+02	1.51E+01	1.40E+01	4.87E+01	2.40E+00
372	1.17E+02	3.53E+02	1.41E+01	1.32E+01	4.54E+01	2.24E+00
373	1.11E+02	3.32E+02	1.33E+01	1.25E+01	4.26E+01	2.11E+00
374	1.02E+02	3.03E+02	1.22E+01	1.15E+01	3.89E+01	1.93E+00
375	1.07E+02	3.15E+02	1.27E+01	1.21E+01	4.04E+01	2.01E+00
376	1.25E+02	3.66E+02	1.47E+01	1.41E+01	4.70E+01	2.35E+00
377	1.34E+02	3.89E+02	1.57E+01	1.52E+01	4.99E+01	2.50E+00
378	1.61E+02	4.62E+02	1.87E+01	1.82E+01	5.93E+01	2.98E+00
379	1.35E+02	3.85E+02	1.56E+01	1.53E+01	4.94E+01	2.48E+00
380	1.31E+02	3.69E+02	1.50E+01	1.48E+01	4.74E+01	2.39E+00
381	1.45E+02	4.05E+02	1.65E+01	1.63E+01	5.19E+01	2.62E+00
382	1.08E+02	3.00E+02	1.23E+01	1.22E+01	3.85E+01	1.95E+00
383	8.82E+01	2.43E+02	9.93E+00	9.92E+00	3.11E+01	1.58E+00
384	1.02E+02	2.79E+02	1.14E+01	1.15E+01	3.58E+01	1.82E+00

wavelength	edir	edn	eup	uavgdir	uavgdn	uavgup
385	1.34E+02	3.64E+02	1.50E+01	1.51E+01	4.67E+01	2.38E+00
386	1.23E+02	3.30E+02	1.36E+01	1.38E+01	4.23E+01	2.16E+00
387	1.31E+02	3.49E+02	1.44E+01	1.47E+01	4.47E+01	2.29E+00
388	1.29E+02	3.41E+02	1.41E+01	1.45E+01	4.36E+01	2.24E+00
389	1.41E+02	3.69E+02	1.53E+01	1.58E+01	4.72E+01	2.43E+00
390	1.62E+02	4.22E+02	1.75E+01	1.82E+01	5.40E+01	2.79E+00
391	1.74E+02	4.48E+02	1.87E+01	1.95E+01	5.74E+01	2.97E+00
392	1.58E+02	4.06E+02	1.69E+01	1.78E+01	5.19E+01	2.69E+00
393	8.88E+01	2.26E+02	9.44E+00	9.95E+00	2.89E+01	1.50E+00
394	1.10E+02	2.76E+02	1.16E+01	1.23E+01	3.54E+01	1.84E+00
395	1.74E+02	4.36E+02	1.83E+01	1.95E+01	5.58E+01	2.91E+00
396	1.51E+02	3.76E+02	1.58E+01	1.69E+01	4.81E+01	2.52E+00
397	9.59E+01	2.36E+02	9.97E+00	1.07E+01	3.02E+01	1.59E+00
398	1.91E+02	4.67E+02	1.97E+01	2.13E+01	5.97E+01	3.14E+00
399	2.24E+02	5.45E+02	2.31E+01	2.51E+01	6.97E+01	3.67E+00
400	2.34E+02	5.65E+02	2.40E+01	2.62E+01	7.22E+01	3.82E+00



ภาคผนวก ข
การเตรียมข้อมูลจาก AERONET

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลค่าความถี่เชิงแสงของฝุ่นละออง จากเครื่อง sunphotometer ซึ่งอยู่ในเครือข่าย Aerosol Robotic Network (AERONET) โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>)

The screenshot shows the AERONET website homepage. At the top left is the NASA logo and 'GODDARD SPACE FLIGHT CENTER'. To the right is a link '+ Visit NASA.gov'. Below this is a large banner image of a sun photometer with the text 'AERONET AEROSOL ROBOTIC NETWORK'. Underneath the banner is a navigation bar with five categories: '+ AEROSOL OPTICAL DEPTH', '+ AEROSOL INVERSIONS', '+ SOLAR FLUX', '+ OCEAN COLOR', and '+ MARITIME AEROSOL'. Below the navigation bar is a 'Web Site Feature' section with a 'Home' button. To the right of the 'Home' button is a news update: '5 January 2018 - Version 3 Level 2.0 AOD and SDA products are now available.' Below this is another news update: '11 January 2018 - Version 3 Level 1.5 and Level 2.0 Almcntar inversion products are now available'. Below the news updates is a 'MISSION' section with a detailed description of the AERONET project. Below the mission description is a 'NEWS' section with a world map showing the locations of AERONET sites. On the left side of the page is a sidebar with 'AERONET DATA ACCESS' options: 'DATA SYNERGY TOOL' (with '+ Data Display'), 'AEROSOL OPTICAL DEPTH (V3)' (with '+ Data Display', '+ Download Tool', and '+ Download All Sites').

รูปที่ A2.1 หน้าต่างเว็บไซต์ AERONET

จากนั้นทำการเลือกข้อมูลที่จะทำการดาวน์โหลด โดยเข้าไปที่ Data display แล้วเลือกสถานีที่ต้องการศึกษา เมื่อเลือกแล้วจะปรากฏหน้าต่างขึ้นมาดังรูป

- + CAMPAIGNS
- + COLLABORATORS
- DATA
- + LOGISTICS
- + NASA PROJECTS
- + OPERATIONS
- + PUBLICATIONS
- + SITE INFORMATION
- + STAFF
- + SYSTEM DESCRIPTION

The principal investigator(s) of the 'Silpakorn_Univ' site:
Serm Janjai
 If you intend to use the following data please contact principal investigator(s) via e-mail:
 serm.janjai@gmail.com

Operational Time at 'Silpakorn_Univ' Site
 3640 Days [10.521 Years]
 Start Date: 14-JUN-2006, Latest Date: 22-JUN-2018

Total Processed Data (Years represent total data equivalent)
 Level 1.0 AOD: 3514 Days [9.627 Years]
 Level 1.5 AOD: 3169 Days [8.662 Years]
 Level 2.0 AOD: 1979 Days [5.422 Years]

[Return to the World Map](#) | [Switch to Version 2 Inversions](#) | [Switch to Version 3 Direct Sun](#)

Data Display Controls

AERONET Data Type:
 AOD
 Water Vapor
 440-570 Angstrom
 SDA Fine/Coarse AOD
 SDA Fine Mode Fraction

AOD Level (2018): Level 1.0 Level 1.5

Data Format: All points Daily averages

Triplet Error Bars (All Points Only): Off On

Related Product Availability for Silpakorn_Univ (select each day below):

- Back Trajectory Analyses - Availability - More Information
- MPLNET Images - Availability - More Information
- Show TERRA-MODIS | AQUA-MODIS Rapid Response Images - Availability - More Information
- Landsat Image
- Visible Satellite Images (Check Availability) - More Information
- Infrared Satellite Images (Check Availability) - More Information

SELECT CHARTS FOR LARGER IMAGES

Choose year : 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018

Choose month of 2018 : JAN FEB MAR APR MAY JUN

Choose day of JUN 2018

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30						

AOD Level 1.0 data from JUN of 2018

Silpakorn_Univ , N 13°49'08" , E 100°02'27" , Alt 72 m ,
 PI : Serm_Janjai, serm.janjai@gmail.com
 Level 1.0 AOD; Data from JUN 2018

Version 2 DS
AERONET Project, MNSH GSFC

AOD Level 1.0 data from JUN 22 of 2018

Silpakorn_Univ , N 13°49'08" , E 100°02'27" , Alt 72 m ,
 PI : Serm_Janjai, serm.janjai@gmail.com
 Level 1.0 AOD; Data from 22 JUN 2018

Version 2 DS
AERONET Project, MNSH GSFC

รูปที่ A2.2 หน้าต่างข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลด

AERONET
AEROSOL ROBOTIC NETWORK

+ AEROSOL OPTICAL DEPTH + AEROSOL INVERSIONS + SOLAR FLUX + OCEAN COLOR + MARITIME AEROSOL

+Home
Aerosol Optical Depth

+ AEROSOL/FLUX NETWORKS
+ CAMPAIGNS
+ COLLABORATORS
- DATA
+ LOGISTICS
+ NASA PROJECTS
+ OPERATIONS
+ PUBLICATIONS
+ SITE INFORMATION
+ STAFF
+ SYSTEM DESCRIPTION

AERONET DATA ACCESS
DATA SYNERGY TOOL
+ Data Display
AEROSOL OPTICAL DEPTH (V3)
+ Data Display
+ Download Tool
+ Download All Sites
+ Climatology Tables
+ Web Service
AEROSOL INVERSIONS (V3)

AERONET Data Download Tool **Version 2 Direct Sun Algorithm** Switch to Version 2 Inversions

Click Geographic Region, Country/State or AERONET Site to change site selection:

Geographic Region	Country/State	AERONET Site
Asia	Thailand	Silpakorn_Univ

Download Data for Silpakorn_Univ

Select the start and end time of the data download period:

START: Day/Month/Year END: Day/Month/Year
1 JAN 2006 31 DEC 2018

Data Descriptions Data Units

Note: Data are not available if the data type is *italicized*

Select the data type(s) using the corresponding check box:

Direct Sun Products	Select
Aerosol Optical Depth (AOD) with Precipitable Water and Angstrom Parameter	Level 1.0 <input type="checkbox"/> Level 1.5 <input type="checkbox"/> Level 2.0 <input type="checkbox"/>
Instrument Information (e.g., Exact Wavelengths)*	Single File <input type="checkbox"/> Merge with AOD <input type="checkbox"/>
Total Optical Depth with components*	Level 1.0 <input type="checkbox"/> Level 1.5 <input type="checkbox"/> Level 2.0 <input type="checkbox"/>
Spectral Deconvolution Algorithm (SDA) Retrievals -- Fine Mode AOD, Coarse Mode AOD, and Fine Mode Fraction	Level 1.0 <input type="checkbox"/> Level 1.5 <input type="checkbox"/> Level 2.0 <input type="checkbox"/>

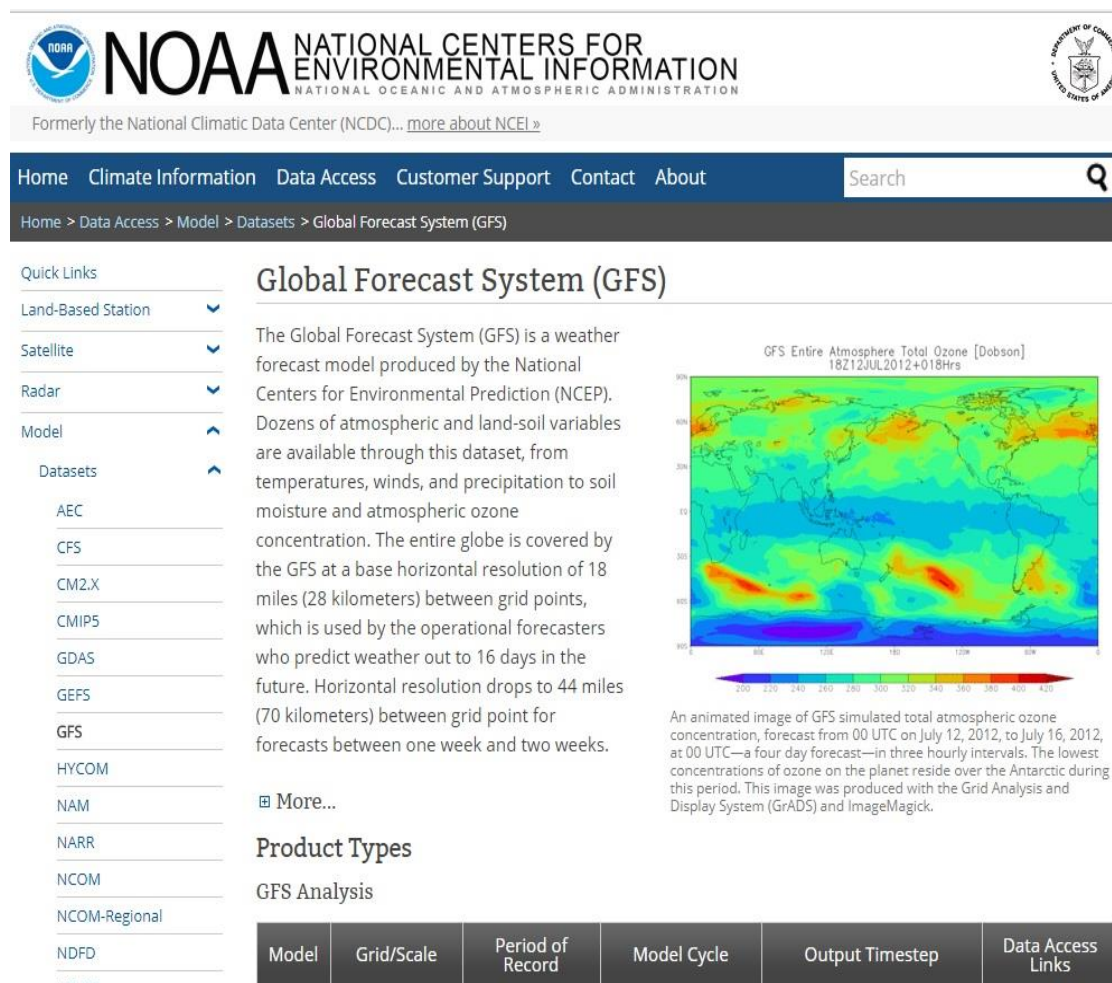
Data Format
 All Points Daily Averages Monthly Averages

Download

รูปที่ A2.3 หน้าต่างช่วงข้อมูลที่ต้องการศึกษา



ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลค่าโอโซนจาก Global Forecast System (GFS) ของ National Centre for Environmental Prediction (NCEP) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลโอโซนที่มีการพยากรณ์มาแล้ว โดยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลจาก <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>



NOAA NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
Formerly the National Climatic Data Center (NCDC)... [more about NCEI](#) »

Home Climate Information Data Access Customer Support Contact About Search

Home > Data Access > Model > Datasets > Global Forecast System (GFS)

Global Forecast System (GFS)

The Global Forecast System (GFS) is a weather forecast model produced by the National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Dozens of atmospheric and land-soil variables are available through this dataset, from temperatures, winds, and precipitation to soil moisture and atmospheric ozone concentration. The entire globe is covered by the GFS at a base horizontal resolution of 18 miles (28 kilometers) between grid points, which is used by the operational forecasters who predict weather out to 16 days in the future. Horizontal resolution drops to 44 miles (70 kilometers) between grid point for forecasts between one week and two weeks.

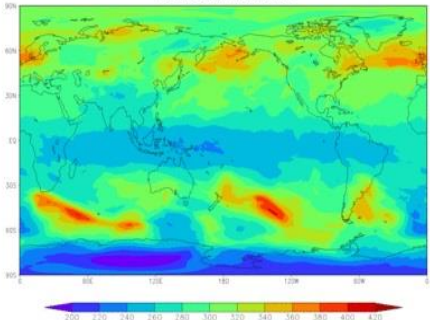
[More...](#)

Product Types

GFS Analysis

Model	Grid/Scale	Period of Record	Model Cycle	Output Timestep	Data Access Links


























GFS Entire Atmosphere Total Ozone [Dobson]
18Z12JUL2012+018Hrs



An animated image of GFS simulated total atmospheric ozone concentration, forecast from 00 UTC on July 12, 2012, to July 16, 2012, at 00 UTC—a four day forecast—in three hourly intervals. The lowest concentrations of ozone on the planet reside over the Antarctic during this period. This image was produced with the Grid Analysis and Display System (GrADS) and ImageMagick.

รูปที่ A3.1 หน้าต่างของเว็บไซต์ <https://www.ncdc.noaa.gov/>

Index of /data/gfs4

<u>Name</u>	<u>Last modified</u>	<u>Size</u>
 Parent Directory		-
 201409/	02-Sep-2016 21:09	-
 201410/	01-Oct-2016 09:58	-
 201411/	31-Oct-2016 20:01	-
 201412/	06-Dec-2016 11:34	-
 201501/	02-Jan-2017 13:31	-
 201502/	30-Jan-2017 14:28	-
 201503/	02-Mar-2017 08:04	-
 201504/	31-Mar-2017 01:36	-
 201505/	02-Jun-2017 08:33	-
 201506/	31-May-2017 02:32	-
 201507/	02-Jul-2017 08:39	-
 201508/	02-Aug-2017 05:33	-
 201509/	01-Sep-2017 23:34	-
 201510/	03-Oct-2017 02:33	-
 201511/	31-Oct-2017 19:42	-
 201512/	01-Dec-2017 20:57	-
 201601/	01-Jan-2018 08:46	-
 201602/	02-Feb-2018 18:08	-
 201603/	03-Mar-2018 02:46	-
 201604/	25-Mar-2018 20:45	-
 201605/	02-May-2018 20:48	-
 201606/	31-May-2018 16:45	-
 201607/	23-Jun-2018 11:44	-
 201608/	02-Sep-2016 21:22	-

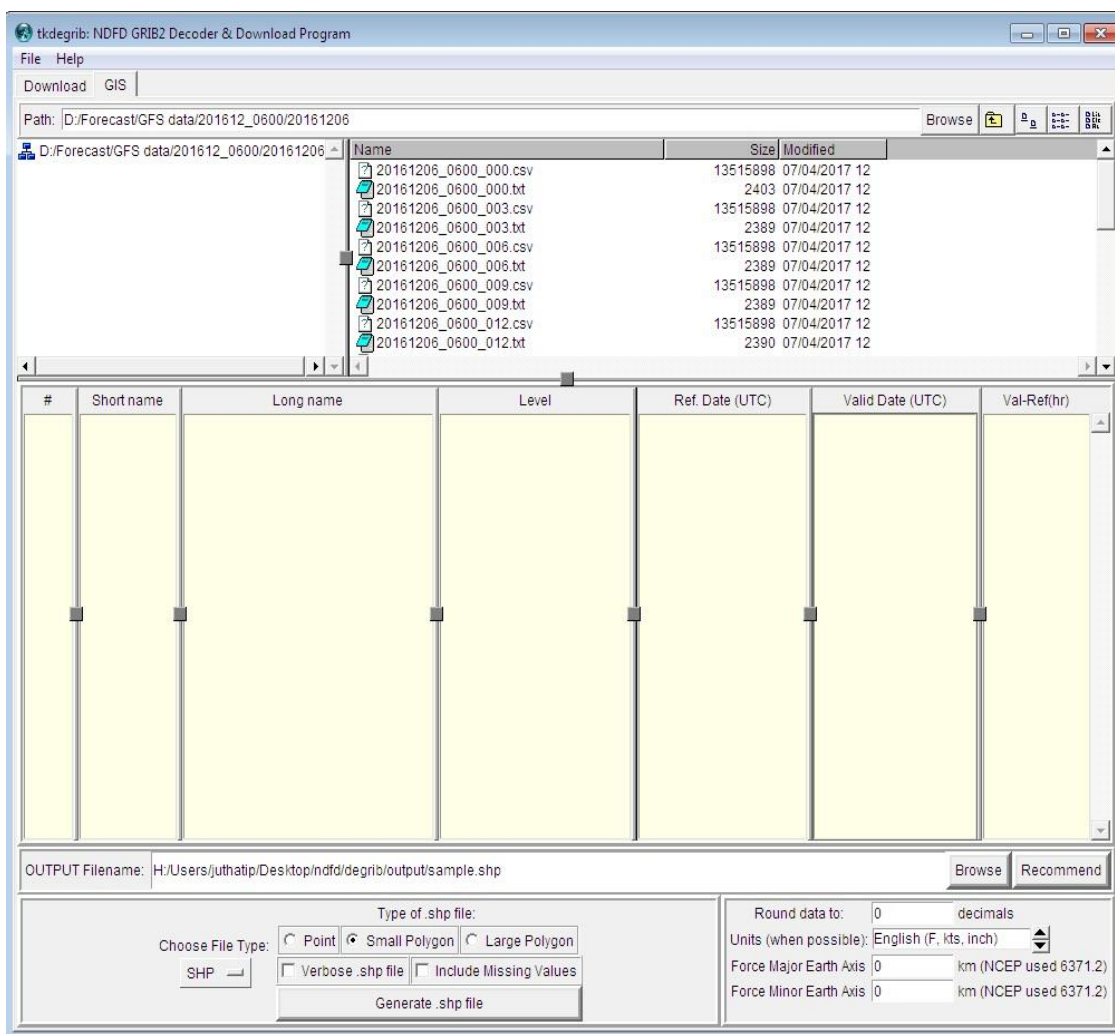
รูปที่ A3.2 หน้าต่างของข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลด

Index of /data/gfs4/201705/2017

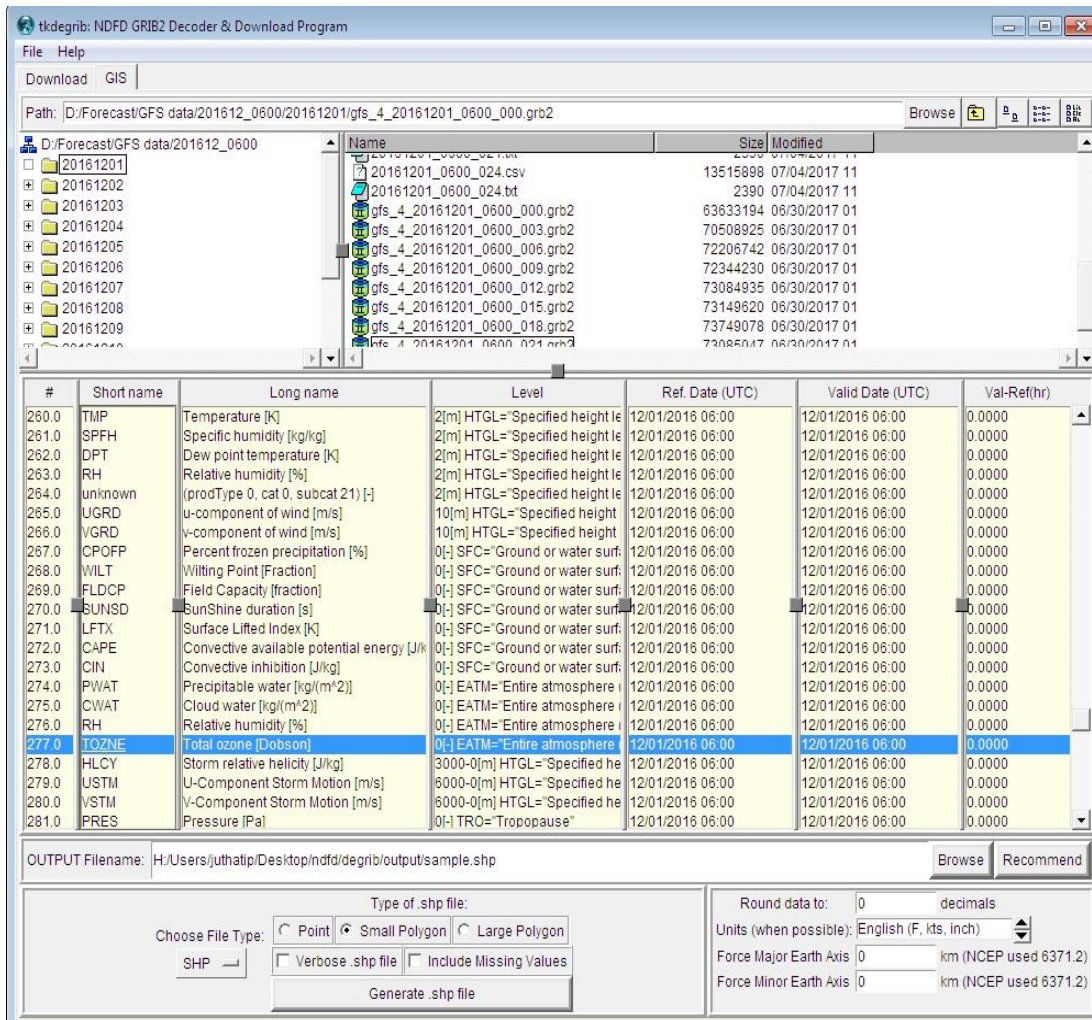
<u>Name</u>	<u>Last modified</u>	<u>Size</u>
 Parent Directory		-
 gfs_4_20170501_0000_000.grb2	01-May-2017 19:29	62M
 gfs_4_20170501_0000_000.inv	01-May-2017 19:36	16K
 gfs_4_20170501_0000_003.grb2	01-May-2017 19:29	68M
 gfs_4_20170501_0000_003.inv	01-May-2017 19:35	22K
 gfs_4_20170501_0000_006.grb2	01-May-2017 19:29	70M
 gfs_4_20170501_0000_006.inv	01-May-2017 19:35	22K
 gfs_4_20170501_0000_009.grb2	01-May-2017 19:29	70M
 gfs_4_20170501_0000_009.inv	01-May-2017 19:35	22K
 gfs_4_20170501_0000_012.grb2	01-May-2017 19:29	70M
 gfs_4_20170501_0000_012.inv	01-May-2017 19:35	23K
 gfs_4_20170501_0000_015.grb2	01-May-2017 19:29	71M
 gfs_4_20170501_0000_015.inv	01-May-2017 19:35	23K
 gfs_4_20170501_0000_018.grb2	01-May-2017 19:30	72M
 gfs_4_20170501_0000_018.inv	01-May-2017 19:36	23K
 gfs_4_20170501_0000_021.grb2	01-May-2017 19:29	72M
 gfs_4_20170501_0000_021.inv	01-May-2017 19:35	23K
 gfs_4_20170501_0000_024.grb2	01-May-2017 19:29	72M
 gfs_4_20170501_0000_024.inv	01-May-2017 19:36	23K
 gfs_4_20170501_0000_027.grb2	01-May-2017 19:29	72M
 gfs_4_20170501_0000_027.inv	01-May-2017 19:35	23K
 gfs_4_20170501_0000_030.grb2	01-May-2017 19:29	72M
 gfs_4_20170501_0000_030.inv	01-May-2017 19:34	23K
 gfs_4_20170501_0000_033.grb2	01-May-2017 19:29	72M
 gfs_4_20170501_0000_033.inv	01-May-2017 19:35	23K

รูปที่ A3.3 หน้าต่างในการเลือกช่วงข้อมูลที่ต้องการศึกษา

จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลมาจากการดาวน์โหลดแล้วจะทำการเปิดข้อมูลโดยใช้โปรแกรม tkdegrib เนื่องจากข้อมูลที่ดาวน์โหลดมาได้จะอยู่ในสกุลไฟล์ .grb2 ดังแสดงในรูป 81 – 82 และเมื่อทำการ process ข้อมูลจากโปรแกรมแล้วจึงทำการเลือก ละติจูดและลองจิจูดของสถานที่ที่ต้องการทราบค่าไอโซนที่ได้จากการพยากรณ์



รูปที่ A3.4 หน้าต่างโปรแกรม degrib



รูปที่ A3.5 การเลือกข้อมูล โอนคนเพื่อเตรียม process

รายการอ้างอิง

(Adam, 2007; Antón, 2010; Buchard, 2008; Ciren, 2003; ECK, 1995; Frederick, 1993; Gleason, 1993; Gomez, 2010; Ialongo, 2008; Janjai, 2014; Janjai.S, 2014; Janusz . 2001; N. A. Krotkov, Bhartia, R. K., Herman, 1998; N. A. Krotkov, Herman, J.R., Bhartia, P.K., Fioletov, V., Ahmad, Z, 2000; Krzyscin, 2015; Margitan, 1990; Monlina, 1974; Piazena, 1996; Pieterneel F. Levelt, 2006; Proffitt, 1990; Ravinesh C. Deo, 2007; Sumridh Sudhibrabha, 2006; Tanskanen, 2007; Tevini, 1993; Vandebout, 2000; Zerefos, 1998; เกิดศรี, 2548; จันทร์ฉาย, 2017; ภัทรพานิชชัย, 2551; วิสิฐศิริกุล, 2553; ห่านประเสริฐ, 2546)





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา
วัน เดือน ปี เกิด	4 เมษายน 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2558 ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	1209/6 ถนนคลองบางกอกใหญ่ แขวงคูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
ผลงานตีพิมพ์	Comparison of spectral ultraviolet irradiance measured from satellite and ground-based instrument at Nakhon Pathom province

