ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อสัญญาณโทรศัพท์ไร้สาย ในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ

EFFECTS OF TEMPERATURE CHANGES ON WIRELESS TELEPHONE SIGNALS IN SUVARNAPHUMI AIRPORT REGION

กฤษฎา อุดมเวช

KRISADA UDOMWECH

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-737043

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อสัญญาณโทรศัพท์ไร้สาย ในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ

EFFECTS OF TEMPERATURE CHANGES ON WIRELESS TELEPHONE SIGNALS IN SUVARNABHUMI AIRPORT REGION

T085154

กฤษฎา อุดมเวช

KRISADA UDOMWECH

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85154
วัน,เดือน,ปี 4 พ.ย. 2551

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-030043

EFFECTS OF TEMPERATURE CHANGES ON WIRELESS TELEPHONE SIGNALS IN SUVARNABHUMI AIRPORT REGION

KRISADA UDOMWECH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN APPLIED PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2008

KMITL-2008-SC-M-030043

COPYRIGHT 2008

KING MONKUT'S INSITTUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อสัญญาณโทรศัพท์ไร้สายในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ

Effects of Temperature Changes on Wireless Telephone Signals in Suvarnabhumi Airport Region

นักศึกษา นายกฤษฎา อุดมเวช

รหัสประจำตัว 49067301

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.ปรีชา	ยุพาพิน	
รศ.ดร.ฐิตินัย	แก้วแดง	
รศ.งามนิตย์	วงษ์เจริญ	
ดร.สืบตระกูล	สุชาติ	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 17 กันยายน 2551 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 1 ห้อง 307

คณบดีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่....30.....**เดือน**.....กันยายน.....**พ.ศ.**..2551..

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อสัญญาณโทรศัพท์ไร้สายในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ

นักศึกษา นายกฤษฎา อุดมเวช

รหัสประจำตัว 49067301

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

พ.ศ. 2551

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศเชิงแสงที่ส่งผลกระทบต่อสัญญาณการสื่อสารไร้สายในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิโดยใช้เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงในอากาศเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในระยะเวลาประมาณ 1 เดือนในพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณความเข้มของสัญญาณการสื่อสารไร้สายในพื้นที่ทำวิจัย

Thesis Title	Effects of Temperature Changes on Wireless Telephone Signals in Suvarnabhumi Airport Region
Student	Krisada Udomwech
Student ID.	49067301
Degree	Master of Science
Program	Applied Physics
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Preecha Yupapin

ABSTRACT

This thesis presents an investigation of the aerosol optical thickness effects with telecommunication signal in the Suvarnabphumi airport area. A pyranometers are employed to collect the solar radiation in the period of one month in the proposed area. The change in the aerosol optical thickness with temperature has been investigated, where the change in mobile telephone transmission signal has seen when the surrounded temperature area increased. The relationship between the solar radiation and optical thickness is discussed. The increasing in aerosol optical thickness due to the heavy aircraft traffic is affected to optical thickness, which is discussed.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาให้ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้อง ในภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณ บริษัท แอดวานต์อินโฟเซอร์วิต จำกัด, บริษัท ทรูคอปเปอร์เรชั่น จำกัด, บริษัท การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย จำกัด, บริษัท คริปแอนโซเน็ค ประเทศสหรัฐอเมริกา, มหาวิทยาลัยศิลปากร, และ กรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย ที่ให้คำแนะนำ และให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่องทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤษฎา อุดมเวช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

ภาษาไทย...i

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ...ii

กิตติกรรมประกาศ...iii

สารบัญ...iv

สารบัญตาราง...vii

สารบัญรูป...viii

บทที่ 1 บทนำ...1

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย...1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย...3

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย...3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ...4

1.5 วิธีดำเนินการทำวิทยานิพนธ์...4

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย...5

2.1 แหล่งกำเนิดของรังสีดวงอาทิตย์...5

2.2 สมบัติทางเรขาคณิตของรังสีดวงอาทิตย์...6

2.2.1 วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์...6

2.2.2 ทรงกลมท้องฟ้าและทางเดินปรากฏของเทหวัตถุ...7

2.2.3 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์...9

2.2.4 การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์...11

2.2.5 เวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์...14

2.2.6 มุมตกกระทบของลำแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง...16

2.3 รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก...18

2.3.1 สเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก...18

2.3.2 รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกบนพื้นราบ...18

2.4 รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส...22

2.4.1 องค์ประกอบของบรรยากาศโลก...22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2 มวลอากาศที่รังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่าน……………………………..……. ……22

2.4.3 การคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นโลกในสภาพท่องฟ้าแจ่มใส..……...23

2.5 รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกในสภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม…………………...……..24

2.5.1 การคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์จากจำนวนชั่วโมงที่มีแดด………………24

2.5.2 การคำนวณความเข้มรังสีรวมจากปริมาณเมฆ………………………………...…25

2.6 การคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์บนพื้นเอียง…………………………………..........28

2.7 ความร้อนและอุณหภูมิ……………………………………………………………...30

2.7.1 สเกลอุณหภูมิ…………………...……………………………………………30

2.7.2 กลไกการถ่ายเทความร้อน…………………………………...……….31

2.8 การสื่อสารไร้สาย……………………………………………………………………31

2.8.1 พัฒนาการของโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์…………………………………………32

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย……………………………………………………...…33

3.1 การออกแบบ พัฒนา และสร้างเครื่องวัดทางด้านสิ่งแวดล้อม…...…………...……...33

3.1.1 เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ……………………………...…34

3.1.2 เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ……………………………38

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล และการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม………………..40

บทที่ 4 ผลการสอบเทียบและข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม………………………...…………...…41

4.1 การสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องมือ…...……………………………………..........41

4.1.1 เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์……………………………………....41

4.1.2 เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ………………………….42

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและการศึกษาผลกระทบ…………….…42

4.2.1 ข้อมูลการกระเจิงของฝุ่นละอองทางแสง……………………………………..42

4.2.2 ข้อมูลปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ ……………………….....43

4.2.3 ข้อมูลปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์……………………………………...45

4.2.4 ข้อมูลทางด้านอุณหภูมิ และความเข้มของสัญญาณ……………………………47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..49

บรรณานุกรม..44

ภาคผนวก 45

ประวัติผู้เขียน..46

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่าคงที่ a และ b ของสถานีต่างๆในประเทศไทย...24

2.2 แสดงค่าคงที่ c และ d ของสถานีต่างๆในประเทศไทย...25

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีกระจายรายชั่วโมง ต่อรังสีรวมรายชั่วโมง และดัชนีความใสบรรยากาศรายชั่วโมงของสถานีต่างๆ ในประเทศไทย.........................26

2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีรวมรายวัน และดัชนีความใสบรรยากาศรายวันของสถานีต่างๆในประเทศไทย...27

2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีกระจายรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ต่อรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน และดัชนีความใสบรรยากาศรายวัน ของสถานีต่างๆในประเทศไทย...28

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์......5

2.2 แสดงวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์......6

2.3 แสดงโลกและท้องฟ้า......7

2.4 แสดงลักษณะของท้องฟ้า......9

2.5 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับศูนย์สูตรโลก......9

2.6 แสดงทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า......10

2.7 แสดงการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้ระบบอาซิมุธ-อัลติจูด......11

2.8 แสดงการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้ระบบศูนย์สูตร......12

2.9 แสดงการแปรค่าในรอบปีของความแตกต่างระหว่างเวลาดวงอาทิตย์กับ
เวลาดวงอาทิตย์เฉลี่ย......15

2.10 แสดงมุมตกกระทบของลำแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง......16

2.11 แสดงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก......18

2.12 แสดงรังสีเฉพาะขณะในระนาบตั้งฉากกับทิศของรังสีและระนาบของพื้นราบ......19

3.1 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์......34

3.2 แสดงเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัย......35

3.3 แสดงการปรับเทียบเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ห้องปฏิบัติการ
ของบริษัท คริปแอนโซเน็ค ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา......36

3.4 แสดงเครื่องโวลต์มิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบ......36

3.5 แสดงหลอดไฟที่ใช้ในการสอบเทียบ......37

3.6 แสดงเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในการสอบเทียบ......37

3.7 แสดงเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่ใช้ในงานวิจัย......38

3.8 แสดงหัววัดที่ใช้ในเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่สร้างขึ้น......39

4.1 แสดงผลการปรับเทียบที่ห้องแลปบริษัท คริปแอนโซเน็ค......41

4.2 แสดงความสัมพันธ์การกระเจิงของฝุ่นละอองทางแสงที่ระดับความสูงต่าง ๆ
ในระยะเวลา 5 เดือนในการสำรวจ......42

4.3 แสดงหนึ่งในเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่ติดตั้ง
บริเวณสถานที่ทำวิจัย......43

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างวันในการทำวิจัยกับค่าปริมาณ
ความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ(AOT)……………………………………..…………..44

4.5 แสดงเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในพื้นที่ทำวิจัย……………..…...…..45

4.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์
กับวันในหนึ่งเดือนเป็นระยะเวลา 5 เดือน…………………………………..………...46

4.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันในระยะ
เวลาสองเดือนสุดท้าย……………………………………………………..……..…47

4.8 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าค่าความเข้มของสัญญาณมือถือในระยะเวลา
สองเดือนสุดท้าย…………………………………………………………………...…48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

สิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งใกล้ตัวที่สุดในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพราะนอกจากจะส่งผลกระทบทั้งภายนอกอย่างเช่นทางด้านการดำรงชีวิต และการใช้ชีวิตประจำวันในแต่ละวัน ยังสามารถที่จะส่งผลกระทบต่อกับสุขภาพภายในร่างกายได้อีกเช่นกัน บวกกับในปัจจุบันซึ่งมีสภาพการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อม และสภาพอากาศอย่างชัดเจน เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการดำเนินชีวิต และการใช้ชีวิตประจำวันจากเดิมไปอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันจึงถือว่าเป็นหัวข้อที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง

รูปแบบงานวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมีรูปแบบงานวิจัยที่มีความแตกต่างจากในอดีต เพราะในอดีตการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมจะต้องใช้เวลาในการศึกษาในระยะเวลาที่ยาวนาน กว่าจะเห็นค่าความแตกต่างหรือเห็นผลการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการศึกษาสภาพแวดล้อมในอดีตจึงต้องใช้เวลาในการทำวิจัย โดยในงานวิจัยหนึ่งงานจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3 – 5 ปี ในการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาความหมายของการเปลี่ยนแปลง รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมในอดีตมีขีดจำกัดทางด้านความสามารถเป็นค่อนข้างสูง เช่น ความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด อายุการใช้งานของเครื่องมือ และยังรวมถึงราคาของอุปกรณ์ที่สูงมากเกินงบประมาณที่จะจัดซื้อได้ เพราะในการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างที่กล่าว ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยต้องมีการเปลี่ยนหรือใช้ในจำนวนมาก บวกกับราคาในอุปกรณ์แต่ละตัวที่มีราคาแพงอยู่แล้วจึงทำให้การใช้งบประมาณในงานวิจัยแต่ละครั้ง จะต้องใช้งบประมาณที่มากเกินความจำเป็น จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น เป็นสาเหตุให้งานวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในอดีตไม่เป็นที่นิยมมากนักในหมู่นักวิจัย แต่สำหรับในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและมีความเด่นชัดมากขึ้น เราจึงสามารถที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ชัดเจนในระยะเวลาอันสั้นรวมทั้ง การเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมสามารถที่จะส่งผลกระทบโดยตรงกับการใช้ชีวิตได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านสภาพแวดล้อมจึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจอย่างยิ่งสำหรับในงานวิจัยในปัจจุบันรวมไปถึงในอนาคต

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลพลังงานของแสงอาทิตย์เป็นข้อมูลสำคัญหรือเป็นข้อมูลหลักในการพิจารณา สำหรับข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลพื้นฐานของงานด้านพลังงานทดแทนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องใช้ในการออกแบบและประเมินสมรรถนะของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต่างๆ เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวยังมีความสำคัญต่องานด้านการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การคำนวณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร และการคำนวณโหลด (load) ของเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ในขั้นต้นของงานวิจัยเราได้ทำการเตรียมการเพื่อทำการเก็บข้อมูลทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์โดยการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการออกแบบเครื่องวัดปริมาณความความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (pyranormeter) และ เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลพื้นฐาน โดยใช้มาตรฐานในการออกแบบเครื่องมือตามเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ของบริษัท คริปแอนโซเน็ค (krip &zonex) หลังจากได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศเสร็จสมบูรณ์ ขั้นต่อไปทำการปรับเทียบเครื่องมือทั้งหมดกับเครื่องมาตรฐานเพื่อให้เกิดความแม่นยำ ถูกต้อง และเป็นมาตรฐานในการตรวจวัด โดยใช้เครื่องมาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยา และจัดส่งตัวเครื่องมือส่วนหนึ่งไปทำการปรับเทียบเครื่องมือที่บริษัท คริปแอนโซเน็ค ประเทศสหรัฐอเมริกา และที่ เวิดเรดิเอชั่นเซ็นเตอร์ (world radiation center) ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ จากนั้นทำการสำรวจพื้นที่ ที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องมือ ณ บริเวณที่สนใจ และทำการติดตั้งเครื่องมือลงในบริเวณพื้นที่ และนอกจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการดำรงชีวิตในรูปแบบที่ปกติแล้ว ในงานวิจัยนี้ยังศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมในเชิงอุณหภูมิ ที่มีผลกระทบกับความเข้มและความคมชัดของสัญญาณมือถือ โดยร่วมมือกับ บริษัทเอกชน ในการทำวิจัย โดยทำการใช้เครื่องมือทั้งหมดในงานวิจัย ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณของบริษัทในการตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณมือถือในแต่ละระดับชั้นของสัญญาณ และในแต่ละรูปแบบเพื่อที่จะนำผลที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการติดตั้ง หรือเพื่อปรับค่าความเหมาะสมในการจ่ายสัญญาณต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหลักการออกแบบ ทำงาน สร้าง และผลกระทบที่มีต่อ เครื่องวัดปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (pyranormeter) และ เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer)
2. เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองในอากาศในรูปแบบต่างๆ ในพื้นที่วิจัย
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ต่อชุมชนและพื้นที่ทำวิจัย
4. เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความเข้มของสัญญาณมือถือ

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ สร้าง และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และรูปแบบของฝุ่นละอองในอากาศ ในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดเดา หรือพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ทำวิจัย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อม และมีค่าปริมาณฝุ่นละอองมากที่สุดในระดับหนึ่ง นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ หาผลกระทบ และออกแบบ พัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัดให้มีมาตรฐานมากขึ้น โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางด้านแสง และสิ่งแวดล้อม เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องมือ และนำข้อมูลที่ได้ไปศึกษาผลกระทบที่เกี่ยวเนื่องกับผลกระทบทางด้านการสื่อสารว่ามีรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเพื่อใช้เป็นข้อมูลสะสมในการพัฒนาระบบในการส่งสัญญาณต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการออกแบบ สร้าง เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

2. เข้าใจทฤษฎีหลักการทำงานของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

3. เข้าใจหลักการเปลี่ยนแปลง และรูปแบบของฝุ่นละอองในอากาศในรูปแบบต่างๆ

4. สามารถสร้างเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม

5. สามารถที่จะวิเคราะห์ และศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อชุมชนในพื้นที่ทำวิจัย

6. เข้าใจและสามารถหาสาเหตุของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการสื่อสาร และวิเคราะห์โครงสร้างการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบสัญญาณต่างๆ

1.5 วิธีดำเนินการทำวิทยานิพนธ์

แผนการดำเนินการแบ่งเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาหลักการออกแบบ และการทำงานของเครื่องวัดปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ แบบทั่วไป เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ทำวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษา และจัดหาอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ทำวิจัย เพื่อความเหมาะสมในการทำวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบ และสร้างเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ และทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 4 ทำการปรับเทียบเครื่องมือทั้งหมด เพื่อให้ได้มาตรฐานก่อนทำการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการติดตั้งเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ และเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในบริเวณจุด และพื้นที่ที่ทำการวิจัย

ขั้นตอนที่ 6 ศึกษาผลกระทบของเครื่องมือ และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อชุมชนบริเวณพื้นที่ทำวิจัย

ขั้นตอนที่ 7 ทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดกับตัวเครื่องมือจนได้มาตรฐาน และทำการเชื่อมต่อเครื่องมือทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ากับเครื่องมือทางด้านการสื่อสาร

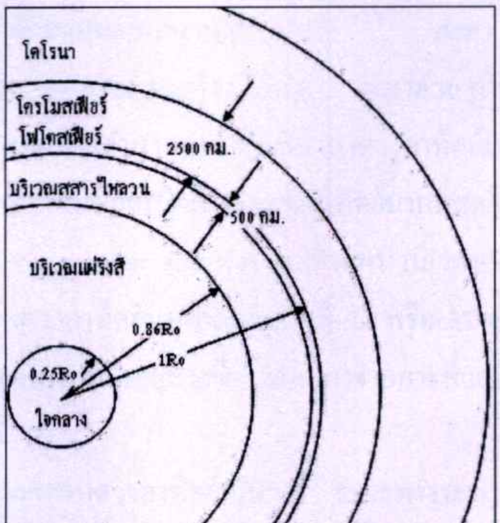
ขั้นตอนที่ 8 ศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการส่งสัญญาณทางด้านการสื่อสารในรูปแบบส่ง และรับ และรูปแบบอื่น

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากข้อมูลหลักของงานวิจัย คือ ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นในบทนี้จะเน้นหลักการทางวิชาการในหัวข้อของรังสีดวงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดตามหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 แหล่งกำเนิดของรังสีดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์และเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ (solar system) ซึ่งมีโลหะและดาวเคราะห์อื่นๆ เป็นบริวาร มวลของดวงอาทิตย์มีค่าประมาณ 1.989 x 10^{30} กิโลกรัม หรือประมาณ 3 แสนเท่าของมวลของโลก มวลจำนวนมากนี้กดทับกันด้วยแรงโน้มถ่วง ทำให้บริเวณใจกลางมีความดันสูงถึง 3.4 x 10^{16} ปาสคาล และอุณหภูมิสูง 15 x 10^{6} เคลวิน จนทำให้เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้น จากปฏิกิริยาดังกล่าวไฮโดรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของดวงอาทิตย์จะหลอมรวมเป็นฮีเลียมและให้พลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นในช่วงของรังสีแกมมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะส่งผ่านออกมาภายนอกผ่านมวลสารชั้นถัดออกมา มวลสารเหล่านี้จะดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วเปล่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความยาวคลื่นยาวขึ้น เมื่อมาถึงผิวดาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีความยาวคลื่นในช่วงแสงสว่างและรังสีอินฟราเรด

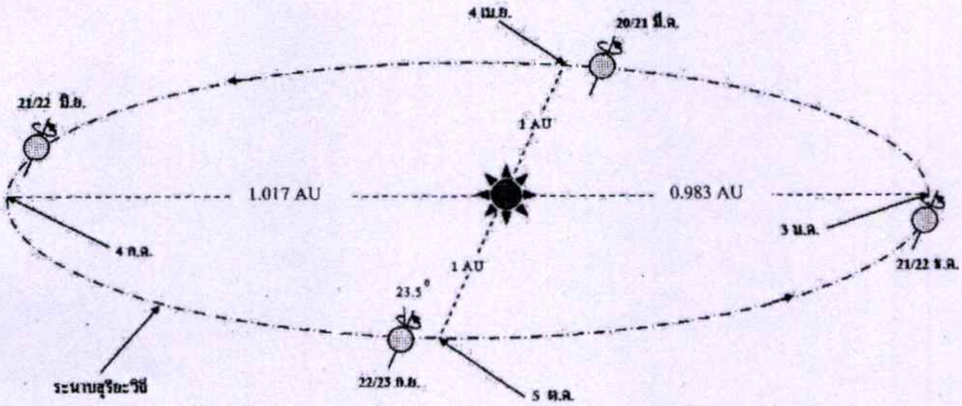


รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์

2.2 สมบัติทางเรขาคณิตของรังสีดวงอาทิตย์

2.2.1 วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นวงรี โดยมี ความรี (eccentricity) เท่ากับ 0.016722 มีระยะกึ่งแกนหลัก (semi-major axis) 1.4968×10^{8} กิโลเมตร โดยมีดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสหนึ่งของวงรีดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

ระนาบของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เรียกว่า ระนาบสุริยะวิถี (ecliptic plane) แกนหมุนของโลกเอียงทำมุมกับเส้นตั้งฉากของระนาบสุริยะ $23^{1/3}$ องศา ดังนั้นระนาบศูนย์สูตร (equatorial plane) ของโลกจึงทำมุมกับระนาบสุริยะวิถี $23^{1/3}$ องศาด้วย การแกนหมุนของโลกเอียงนี้ทำให้โลกหันซีกเหนือและและซีกใต้เข้าหาดวงอาทิตย์เข้าหาดวงอาทิตย์มากน้อยต่างกันในขณะที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ โดยโลกจะหันซีกเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 21 หรือ 22 มิถุนายน หรือโซลส์ติกส์ฤดูร้อน (summer solstice) ณ ตำแหน่งนี้เวลากลางวันของซีกโลกเหนือยาวที่สุด โลกจะหันซีกใต้เข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคม หรือโซลส์ติกส์ฤดูหนาว (winter solstice) ดังนั้นการเกิดฤดูกาลจึงเป็นผลมาจากการที่แกนหมุนของโลกทำมุมกับเส้นตั้งฉากของระนาบสุริยะวิถี

เนื่องจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีระยะเฉลี่ยเท่ากับ 1.496×10^{8} กิโลเมตร หรือ 1หน่วย ดาราศาสตร์ (Astronomical Unit, AU) โลกจะอยู่ที่ตำแหน่งใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด (perihelion) ที่ระยะห่าง 0.983 AU หรือในวันที่มกราคม และอยู่ที่ ตำแหน่งไกลสุด (aphelion) ที่ระยะห่าง 1.017 AU ในวันที่ 4 กรกฎาคม ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวโลกระยะทางดังกล่าวแปรไปตามวันต่างๆ ในรอบปี ตามสมการต่อไปนี้

$$E_0 = (r/r_0)^2 = 1.000110 + 0.034221\cos\Gamma + 0.001280\sin\Gamma$$
$$+0.000719\cos 2\Gamma + 0.000077\sin 2\Gamma \quad (2.1)$$

เมื่อ E_0 = พลังงานของแสงอาทิตย์ที่มายังโลก

$\Gamma = 2\pi(d_n - 1)/365$

Γ = มุมวัน (day angle) (เรเดียน)

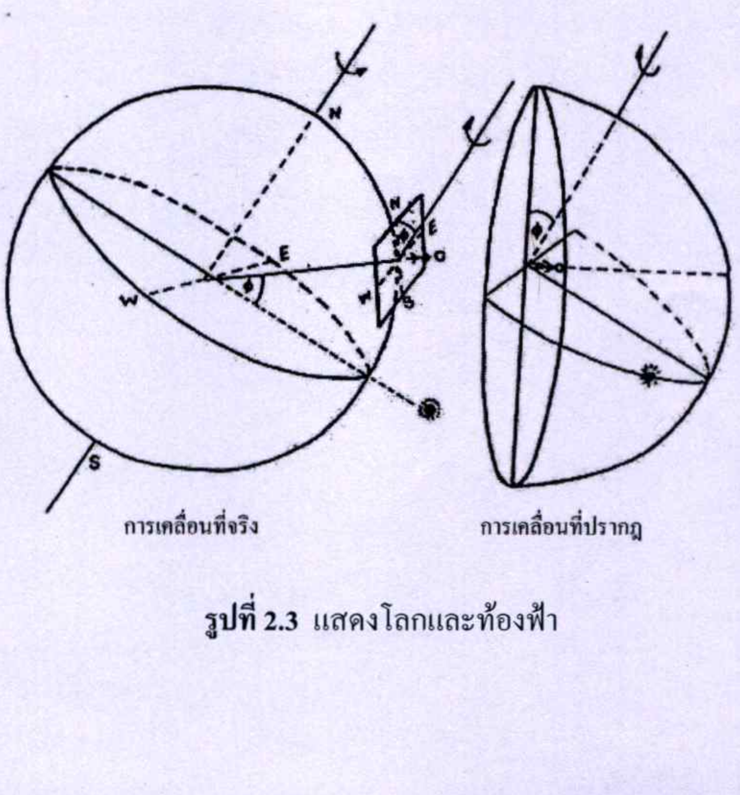
r = ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (km)

r_0 = ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (1.496×10^8 km)

d_n ลำดับวันในรอบปี (d_n = 1 สำหรับวันที่ 1 มกราคม)

2.2.2 ทรงกลมท้องฟ้าและทางเดินปรากฏของเทหวัตถุ

ขณะที่โลกโคจรไปรอบดวงอาทิตย์จาทิศตะวันตก โลกจะหมุนรอบตัวเองไปในทิศเดียวกันด้วย ถ้าสมมุติว่าเราอยู่ที่ผิวโลก ณ ตำแหน่งละติจูด ϕ และลองจิจูดใดๆ ตัวเราก็จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับผิวโลก และถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางเมื่อเรามองไปรอบๆตัว เราจะเห็นขอบฟ้ากลม ทั้งนี้เพราะสายตาเรามองได้ไกลสุดเท่ากันทุกทิศทุกทาง และถ้าแหงนขึ้นดูข้างบนเราก็จะเห็นท้องฟ้าโค้งเป็นครึ่งทรงกลมครอบเราอยู่ เพราะเรารับรู้แสงที่มาจากท้องฟ้าซึ่งเกิดจากกระเจิงของบรรยากาศมาเข้าตาเราเท่ากันทุกทิศทาง

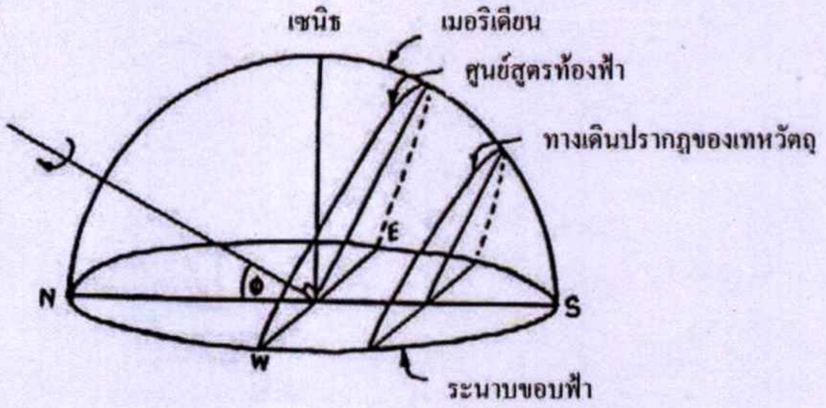


รูปที่ 2.3 แสดงโลกและท้องฟ้า

ดวงดาวต่างๆ ซึ่งอยู่ไกลมากจะถือว่าอยู่นิ่งกับที่เทียบกับการเคลื่อนของโลก เราจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับการหมุนรอบตัวเองของโลกจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกผ่านดวงดาวต่างๆ แต่เนื่องจากพื้นที่ผิวโลกกว้างใหญ่มากเมื่อเทียบกับขนาดของวัตถุต่างๆ บนโลก เราจึงมีความรู้สึกว่าพื้นผิวโลกอยู่นิ่งกับที่และดวงดาวต่างๆ เป็นฝ่ายเคลื่อนที่ทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกรอบแกนหมุนซึ่งขนานกับแกนหมุนของโลก เรียกแกนหมุนนี้ว่าแกนหมุนท้องฟ้า ระนาบของพื้นโลกที่เราอยู่เรียกว่า ระนาบขอบฟ้า (horizontal plane) จากหลักเรขาคณิตสามารถพิสูจน์ได้ว่าแกนหมุนท้องฟ้าจะทำมุมกับระนาบขอบฟ้าเท่ากับละติจูดที่เราอยู่ โดยทั่วไปสายตาของมนุษย์ไม่สามารถบอกความแตกต่างของระยะทางระหว่างตนเองกับวัตถุ 2 ชิ้น ซึ่งแต่ละชิ้นอยู่ห่างจากเราไม่เท่ากัน ถ้าวัตถุทั้งสองอยู่ไกลเรามาก สายตาของเราจะสังเกตเห็นวัตถุเหล่านั้นอยู่ห่างจาเราเท่ากันหมด ด้วยเหตุนี้เราจึงเห็นท้องฟ้ามีลักษณะเป็นครึ่งทรงกลมครอบเราอยู่ โดยมีเทหวัตถุ (celestial object) เช่น ดาวฤกษ์ต่างๆ ยึดติดกับทรงกลมท้องฟ้าและเคลื่อนที่รอบแกนหมุนซึ่งขนานกับแกนหมุนของโลกด้วยอัตราเดียวกับอัตราการหมุนของโลกรอบตัวเองคือ 1 รอบต่อวัน

ถ้าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งอยู่ในระนาบเดียวกับระนาบศูนย์สูตรโลก ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง คนที่อยู่ ณ ตำแหน่งศูนย์สูตรจะเห็นดาวดวงนี้เคลื่อนที่จากขอบฟ้าด้านตะวันออกไปยังขอบฟ้า (celestial equator) ถึงแม้ว่าคนที่ไม่ได้อยู่มี่ศูนย์สูตรก็จะเห็นการเคลื่อนที่ของดวงดาวดังกล่าวเช่นเดียวกับคนที่อยู่ที่ศูนย์สูตร ทั้งนี้เพราะระยะทางบนโลกมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะทางจากโลกถึงดาวต่างๆ ระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้าจะอยู่ในแนวตะวันออกตะวันตกและตั้งฉากกับแกนหมุนของทรงกลมท้องฟ้าเช่นเดียวกับในกรณีของแกนหมุนของโลกตั้งฉากกับระนาบศูนย์สูตรของโลก

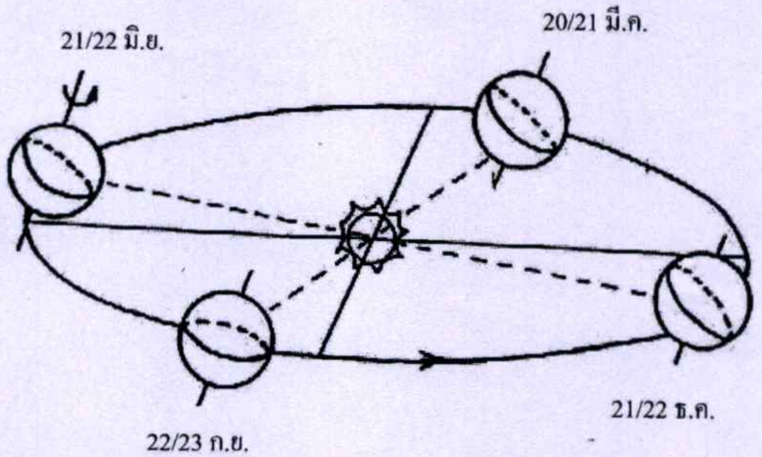
สำหรับดาวอื่นที่มิได้อยู่ในระนาบเดียวกับระนาบศูนย์สูตรของโลกก็จะมีการเคลื่อนที่ติดไปกับทรงกลมท้องฟ้าในระนาบที่ขนานกับระนาบศูนย์สูตรท้องฟ้าด้วยอัตราเดียวกันกับอัตราการหมุนของโลก ท้องฟ้าที่ปรากฏต่อผู้สังเกตทั่วไปจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของท้องฟ้า

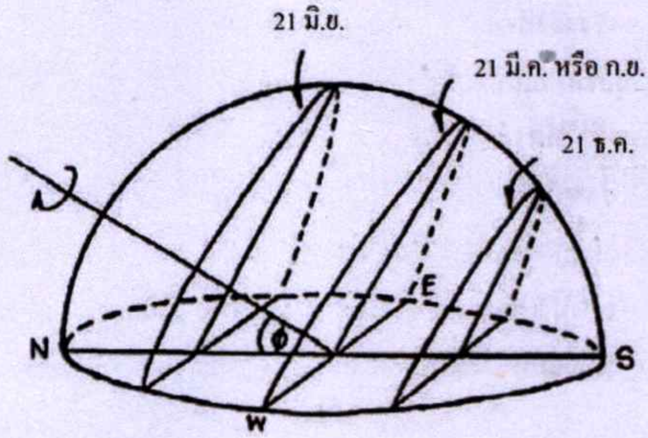
2.2.3 ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์

โดยทั่วไปตำแหน่งของดาวฤกษ์จะอยู่คงที่เมื่อเทียบกับระนาบศูนย์สูตรของโลก ทั้งนี้เพราะดาวฤกษ์อยู่ไกลจากโลกมากจนไม่สามารถสังเกตการเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นเราจึงเห็นดาวฤกษ์อยู่ในระนาบเดิมซึ่งขนานกับระนายศูนย์สูตรท้องฟ้าไปตามเวลาในรอบปี ทั้งนี้เพราะเทหวัตถุเหล่านี้อยู่ใกล้โลก และตำแหน่งเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาเมื่อเทียบกับระนาบศูนย์สูตรของโลกในกรณีของดวงอาทิตย์จะสามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับศูนย์สูตรโลก

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าในวันที่ 20 หรือ 21 มีนาคม และ 22 หรือ 23 กันยายน ดวงอาทิตย์จะอยู่ในระนาบเดียวกับระนาบอิเควเตอร์โลก สำหรับในวัน 21 หรือ 22 มิถุนายน ดวงอาทิตย์จะอยู่เหนือระนาบอิเควเตอร์มากที่สุด และวันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคม จะอยู่ใต้ระนาบอิเควเตอร์มากที่สุด ดังนั้นระนาบทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าจึงเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา บางครั้งอยู่ด้านเหนือและบางครั้งอยู่ใต้ของระนาบอิเควเตอร์ท้องฟ้า เนื่องจากระนาบอิเควเตอร์ของโลกทำมุมกับระนาบสุริยะวิถี 23 $^{1/3}$ องศา ดังนั้นทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์จึงสามารถอยู่ห่างจากอิเควเตอร์ได้มากที่สุด 23 $^{1/3}$ องศา ลักษณะทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า

จากรูปจะเห็นได้ว่าช่วงระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่เหนือขอบฟ้า หรือความยาวของกลางวันจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรอบปีและขึ้นกับตำแหน่งเส้นรุ้งของผู้สังเกต โดยที่อยู่ในช่วงฤดูร้อนดวงอาทิตย์จะอยู่เหนือของเส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้า และมีกลางวันยาวกว่าในช่วงฤดูหนาวซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ทางใต้ของศูนย์สูตรท้องฟ้า

2.2.4 การบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์

ในการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ อาจบอกด้วยมุมหรือบอกด้วยเส้นโค้งของทรงกลมท้องฟ้า (celestial sphere) ที่รองรับมุมดังกล่าวได้ ในงานด้านพลังงานแสงอาทิตย์มีการบอกตำแหน่งดวงอาทิตย์ 2 ระบบดังนี้

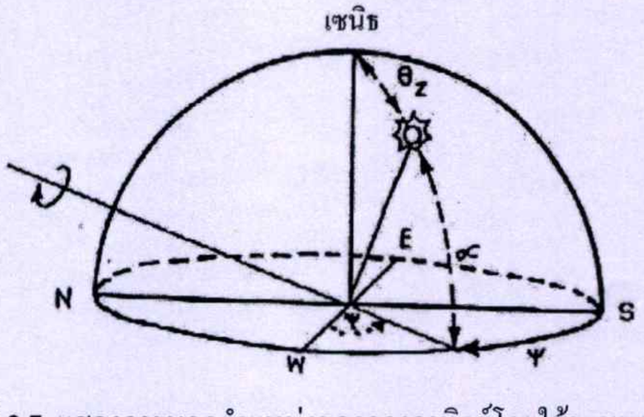
2.2.4.1 ระบบอาซิมุธ-อัลติจูด (azimuth-altitude system)

ระบบนี้ใช้มุม 2 มุม (ตามรูป 2.7) เป็นตัวบอกตำแหน่ง

ก. มุมอาซิมุธ (azimuth, ψ) เป็นมุมที่วัดจากแนวทิศใต้ไปยังเงา (projection) บนระนาบขอบฟ้าของเส้นตรงซึ่งเชื่อมระหว่างผู้สังเกตกับดวงอาทิตย์ โดยกำหนดว่าถ้าเงาดังกล่าวอยู่ด้านตะวันออก มุมอาซิมุธจะมีค่าเป็นบวกและทิศตะวันตกมีค่าเป็นลบ ดังนั้น $-180< \psi < 180$ องศา

ข. มุมอัลติจูด (altitude, α) เป็นมุมเงย ณ ตำแหน่งผู้สังเกตของเส้นตรงซึ่งเชื่อมระหว่างดวงอาทิตย์กับผู้สังเกต จะมีค่าจาก 0 ถึง 90 องศา สำหรับมุมที่อยู่ระหว่างผู้สังเกตกับดวงอาทิตย์เรียกว่า มุมเซนิธ (zenith angle, θ_z) ซึ่งสามารถใช้ตำแหน่งดวงอาทิตย์ได้เช่นกัน โดยที่ $\theta_z = 90 - \alpha$

การบอกตำแหน่งโดยใช้ระบบอาซิมุธ-อัลติจูด มีข้อดีคือ เข้าใจได้ง่าย แต่ก็มีข้อด้อยคือ ค่าอาซิมุธและอัลติจูด จะเปลี่ยนแปลงไปทุกขณะตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนดวงอาทิตย์ตก และเปลี่ยนแปลงไปตามวันในรอบปีด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้ระบบอาซิมุธ-อัลติจูด

2.2.4.2 ระบบศูนย์สูตร (equatorial system)

ระบบนี้ใช้มุมหรือส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้า ตามรูปที่ 2.8 เป็นตัวบอกตำแหน่ง ดังนี้

ก. เดคลิเนชัน (declination, δ) เป็นส่วนโค้งของวงกลมใหญ่ (great circle) ที่ผ่านขั้วทั้งสองของทรงกลมท้องฟ้าระหว่างเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ากับทางเดินดวงอาทิตย์ตามรูป 2.8 มีค่าอยู่ระหว่าง -23 ½ < δ <23 ½ องศาถือว่าค่าคงที่ในแต่ละวันและมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามวันในรอบปี การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นสูตรดังนี้

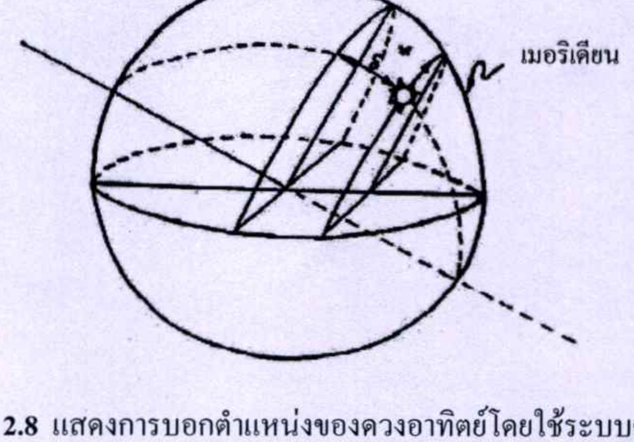
$$\begin{aligned}\delta = (&0.006918 - 0.399912\cos\Gamma + 0.070257\sin\Gamma \\ &-0.006758\cos 2\Gamma + 0.000907\sin 2\Gamma \\ &-0.002697\cos 3\Gamma + 0.00148\sin 3\Gamma)(180/\pi)\end{aligned} \tag{2.2}$$

เมื่อ δ = เดคลิชัน (องศา)

d_n = วันในรอบปี (d_n = 1 สำหรับวันที่ 1 มกราคม)

Γ = มุมวัน (day angle) (เรเดียน)

ข. มุมชั่วโมง (hour angle, ω) เป็นมุมที่ขั้วของทรงกลมท้องฟ้า (celestial pole) หรือ ส่วนโค้งของทรงกลมท้องฟ้าระหว่างเส้นเมอริเดียน (meridian) ของผู้สังเกต กับวงกลมใหญ่ที่ลากผ่านดวงอาทิตย์และขั้วทั้งสองของทรงกลมท้องฟ้า มีค่าเป็นบวกเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางด้านตะวันออกของเมอริเดียน และเป็นลบเมื่ออยู่ทางตะวันตกของเมอริเดียน



รูปที่ 2.8 แสดงการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้ระบบศูนย์สูตร

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ทั้ง 2 มีระบบมีความสัมพันธ์กับตามสมการต่อไปนี้

$$\sin\alpha = \sin\delta\sin\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega \qquad (2.3)$$

$$\cos\psi = \frac{\sin\alpha\sin\phi - \sin\delta}{\cos\alpha\cos\phi} \qquad (2.4)$$

เมื่อ α = มุมอัลติจูด (องศา)

ψ = มุมอาซิมุธ (องศา)

ω = มุมชั่วโมง (องศา)

ϕ = ละติจูด (องศา)

δ = เดคลิเนชัน (องศา)

จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.3) และ (2.4) เราสามารถคำนวณหามุมชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ขึ้น (ω_s) และความยาวของกลางวันได้ กล่าวคือ ขณะที่ดวงอาทิตย์ ขึ้น $\alpha = 0$จะได้ว่า

$$\cos\omega_s = (-\sin\delta\sin\phi)/(\cos\delta\cos\phi) \qquad (2.5)$$

หรือ

$$\omega_s = \cos^{-1}(\tan\delta\tan\phi) \qquad (2.6)$$

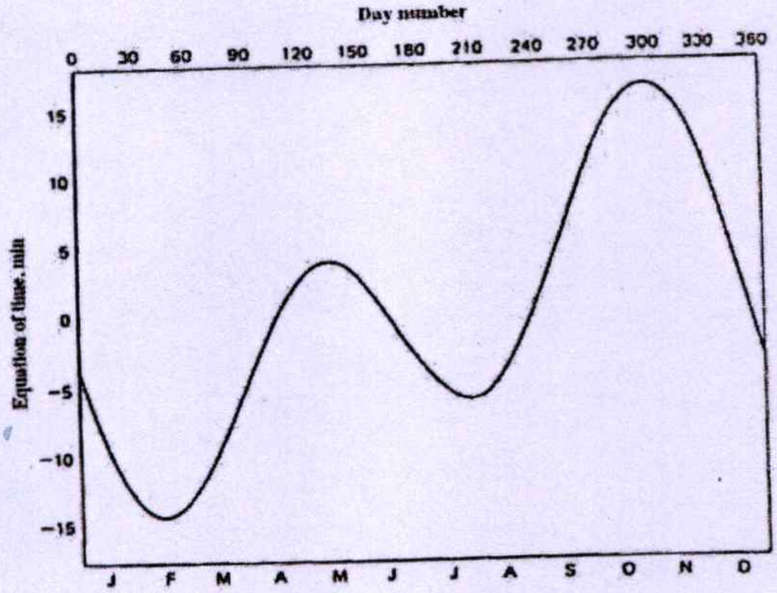
สำหรับมุมชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ตก จะเท่ากับมุมชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ขึ้น แต่เครื่องหมายตรงกันข้าม ดังนั้นความยาวของวัน N_d จึงเท่ากับ $2\omega_s$ หรือเขียนในหน่วยของชั่วโมงได้ดังนี้

$$N_d = \frac{2}{15}\left|\cos^{-1}(\tan\delta\tan\phi)\right| \qquad (2.7)$$

2.2.5 เวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์

ตามกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ของ เคปเลอร์ (kepler) ดาวเคราะห์ต่างๆรวมถึงโลกจะโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี โดยเฉพาะขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ เส้นตรงเชื่อมระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จะกวาดพื้นที่ได้เท่ากัน ถ้าช่วงเวลาที่ใช่ในการเคลื่อนที่เท่ากัน ดังนั้นความเร็วในการเคลื่อนที่ของโลกรอบดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งต่างๆ บนวงโคจรจึงไม่เท่ากัน ทำให้ช่วงเวลาที่ผู้สังเกตบนพื้นโลกเห็นดวงอาทิตย์ตรงศีรษะ 2 ครั้งติดต่อกัน หรือ 1 วัน มีความยาวไม่เท่ากันการใช่เวลาที่อาศัยดวงอาทิตย์เป็นหลักหรือ เวลาดวงอาทิตย์ (solar time) จึงไม่สะดวกในการเปรียบเทียบเหตุการณ์ต่างๆ ในการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงทำให้มีกำหนดเวลาที่สม่ำเสมอขึ้น โดยการนำเลาดวงอาทิตย์ในวันที่ 1 มกราคม ปี ค.ศ. 1900 มาแบ่งเป็น 86400 ส่วน เรียก 1 ส่วนว่า 1 วินาทีเรียกเวลานี้ว่า เวลาดวงอาทิตย์เฉลี่ย (solar mean time) ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยความถี่ธรรมชาติที่คงที่ต่างๆเช่นลูกตุ้มนาฬิกา หรือความถี่ของการสั่นของอะตอมของธาตุบางชนิดและกำหนดว่า เวลาดวงอาทิตย์เฉลี่ย ณ เมืองกรีนิช (gerrnwiah) ประเทศอังกฤษเป็น เวลาสากล (universal time) หรือ เวลากรีนิช (Greenwish Mean Time, GMT) ในประเทศต่างๆจะแบ่งเวลาออกเป็นเขตๆเทียบกับเวลากรีนิช ในแต่ละเขตจะมี เส้นลองจิจูดมาตรฐาน (standard longitude, L_s) และในเขตนั้นๆจะใช้เวลาเดียวกันเส้นลองจิจูดนี้จะห่างจากกรีนิชเป็นจำนวนสองเท่าของ 15 องศา เช่น เส้นลองจิจูดมาตรฐานของประเทศไทยเท่ากับ 105 องศา (15x7) นั้นคือเวลาของประเทศไทยจะเร็วกว่าเวกรีนิช 7 ชั่วโมง เวลาในแต่ละเขตนี้จะมีชื่อโดยทั่วกันว่า เวลามาตรฐานท้องถิ่น (Local Standard Time, LST) เป็นเวลาที่อ่านได้จาก นาฬิกา (clock time) และใช้ในชีวิตประจำวันนั่นเอง สำหรับประเทศที่มีขนาดใหญ่ เช่นสหรัฐอเมริกาจะแบ่งเขตการใช้เวลามาตรฐานท้องถิ่นออกเป็นหลายๆ เขต เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงของกลางวันแล้วกลางคืนของท้องถิ่นนั้น

เวลาดวงอาทิตย์และเวลาดวงอาทิตย์เฉลี่ยมีความแตกต่างกันตามวันในรอบปี ซึ่งสามารถหาความแตกต่างๆได้จากสมการเวลา (equation of time) หรือแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงการแปรค่าในรอบปีของความแตกต่างระหว่างเวลาดวงอาทิตย์กับเวลาดวงอาทิตย์เฉลี่ย (E_t)

สมการเวลาสามารถเขียนได้ดังนี้

$$E_t = 229.18(0.000075 + 0.001868\cos\Gamma - 0.032077\sin\Gamma - 0.014615\cos 2\Gamma - 0.04089\sin 2\Gamma) \quad (2.8)$$

โดยที่ $\Gamma = 2\pi(d_n - 1)/365$

E_t = สมการเวลา (นาที)

Γ = มุมวัน (day angle) (เรเดียน)

เวลาดวงอาทิตย์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับตำแหน่งดวงอาทิตย์ กล่าวคือ เมื่อ 12.00 น. ตามเวลาดวงอาทิตย์ ค่า $\omega = 0$ ถ้าเวลาดวงอาทิตย์เป็น 11.00 น. $\omega = 15$ เวลาดวงอาทิตย์นี้สามารถคำนวณหาได้จากเวลามาตรฐานท้องถิ่น สมการเวลาและผลต่างระหว่างตำแหน่งเส้นลองติจูดมาตรฐาน และเส้นลองติจูดของผู้สังเกต หรือเขียนเป็นรูปสมการดังนี้

$$ST = LST + 4(L_s - L_{loc}) + E_t \tag{2.9}$$

เมื่อ ST = เวลาดวงอาทิตย์ (ชม: นาที)

LST = เวลามาตรฐานท้องถิ่น (ชม: นาที)

L_s = เส้นลองติจูดมาตรฐาน (องศา)

L_{loc} = เส้นลองติจูดของผู้สังเกต (องศา)

E_t = สมการเวลา (นาที)

ค่าของ $4(L_s - L_{loc})$ มีหน่วยเป็นนาที และค่าของ L_s และ L_{loc} เป็นลบเมื่ออยู่ทางทิศตะวันออกของกรีนิช และเป็นบวก เมื่ออยู่ทางทิศตะวันตกของกรีนิช

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์กับเวลาดวงอาทิตย์ เขียนเป็นสูตรไว้ดังนี้

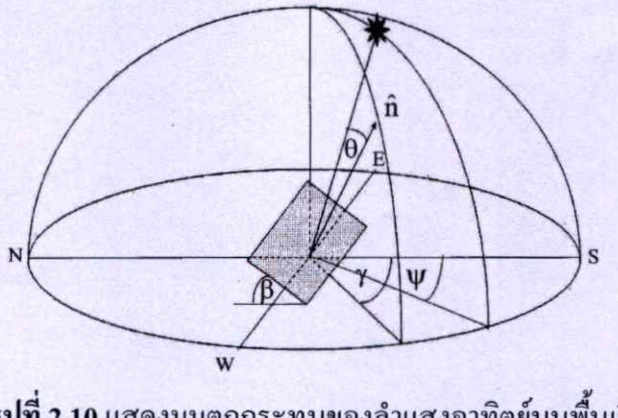
$$\omega = 15(12 - ST) \tag{2.10}$$

เมื่อ ω = มุมชั่วโมง

ST = เวลาดวงอาทิตย์

2.2.6 มุมตกกระทบของลำแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง

ในการคำนวณปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นเอียง เราจำเป็นต้องทราบมุมระหว่างลำแสงอาทิตย์กับเส้นตั้งฉากของพื้นเอียงนั้น หรือมุมตกกระทบ (θ) กับระนาบขอบฟ้าและมีค่าอาซิมุธของเงาเส้นตั้งฉาก ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 พื้นเอียงโดยทั่วไปจะหมายถึงระนาบที่ทำมุม (β) กับระนาบขอบฟ้า (horizontal plane) และเงาของเส้นตั้งฉากของพื้นเอียงมีค่าทำมุมอาซิมุธ γ มุมตกกระทบ (θ) ของลำแสงอาทิตย์บนพื้นเอียงดังกล่าว สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้



รูปที่ 2.10 แสดงมุมตกกระทบของลำแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มุมตกกระทบ (θ) ของลำแสงอาทิตย์บนพื้นเอียงดังกล่าว สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\cos\theta = {} & \sin\delta\cos\beta - \cos\phi\sin\beta\cos\gamma \\ & + \cos\delta\cos\omega(\cos\phi\cos\beta + \sin\phi\sin\beta\cos\gamma \\ & + \cos\delta\sin\beta\sin\gamma\sin\omega\end{aligned} \tag{2.11}$$

เมื่อ θ = มุมตกกระทบของลำแสงบนพื้นเอียง

δ = มุมเดคลิเนชันของดวงอาทิตย์

ω = มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์

β = มุมที่เอียงทำกับพื้นราบ

γ = มุมอาซิมุธของเงาเส้นตั้งฉากกับพื้นเอียง

ϕ = ละติจูด

หรือ

$$\cos\theta = \cos\beta\cos\theta_z + \sin\beta\sin\theta_z\cos(\psi - \gamma) \tag{2.12}$$

กรณีพื้นเอียงหันหน้าไปทางทิศใต้ มุมตกกระทบสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\cos\theta = \sin\delta\sin(\phi - \beta) + \cos\delta\cos(\phi - \beta)\cos\omega \tag{2.13}$$

และมุมชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ขึ้นเทียบกับพื้นเอียง (ω_s)หาได้จากสูตร

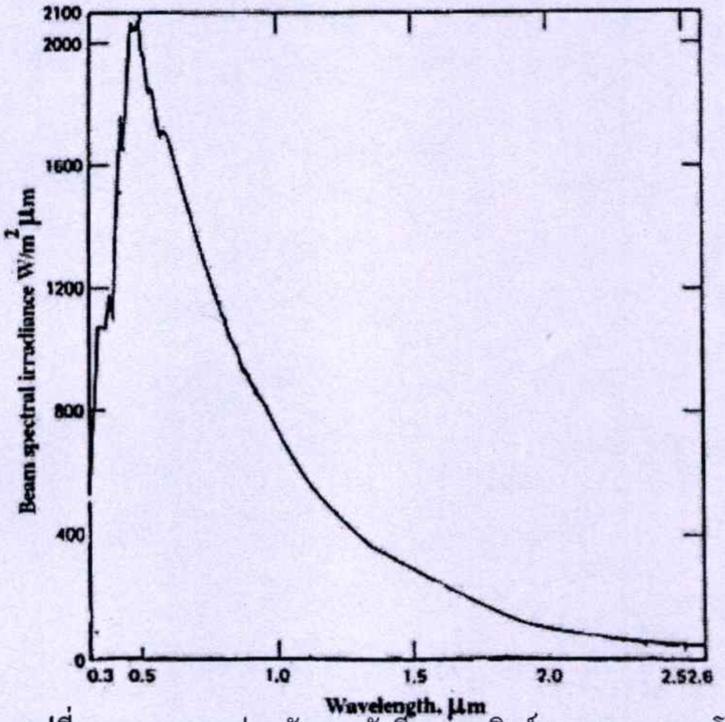
$$\omega_s = \min\left\{\cos^{-1}(-\tan\delta\tan\phi), \cos^{-1}(-\tan\delta\tan(\phi - \beta))\right\} \tag{2.14}$$

85154

2.3 รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยายกาศโลก

2.3.1 สเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก

ความรู้เรื่องสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก มีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในอวกาศ เช่น เซลล์สุริยะของดาวเทียม และยานอวกาศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณหาสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์พื้นโลกด้วย อาศัยข้อมูลการวัดภาคพื้นดินและการวัดระดับสูงประกอบกับการคำนวณทางทฤษฎี จะได้สเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก

2.3.2 ค่าคงที่สุริยะ (solar constant)

ค่าคงที่ของสุริยะคือ พลังงานแสงอาทิตย์ทุกความยาวคลื่นที่ตกกระทบตั้งฉากกับพื้นที่ 1 หน่วยต่อ 1 หน่วยเวลา ณ ตำแหน่งห่างจากดวงอาทิตย์ 1 AU นอกบรรยายกาศโลก ค่าดังกล่าวมีความสำคัญและจำเป็นต้องใช้ในการคำนวณค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก จากการวัดภาคพื้นดินและการวัดโดยอาศัยบอลลูนและเครื่องบินในระดับสูง พบว่าค่าคงที่สุริยะ มีค่าเท่ากับ 1353 W/m ^{2}ภายหลังได้มีการวัดแก้ไขความคลาดเคลื่อนต่างๆ เพิ่มเติม ได้ค่าคงที่สุริยะเท่ากับ 1367 W/m ^{2}หรือ 4921 W/m ^{2}ค่าดังกล่าวที่แก้ไขแล้วนี้ที่ยอมรับขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorology Organization, WMO) อย่างไรก็ตามค่าคงที่ของสุริยะทั้งสองมีความแตกต่างกันเพียง 1% เท่านั้น

2.3.3 รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกบนพื้นราบ

2.3.3.1 รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายชั่วโมง

รังสีดวงอาทิตย์เฉพาะขณะ (irradiance) หรือรังสีที่ตกกระทบตั้งฉากกับระนาบรับรังสีในขณะเวลาหนึ่งนอกบรรยากาศโลกสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$I_{on} = I_{sc}(r_0/r)^2$$

หรือ

$$I_{on} = I_{sc}E_0 \qquad (2.15)$$

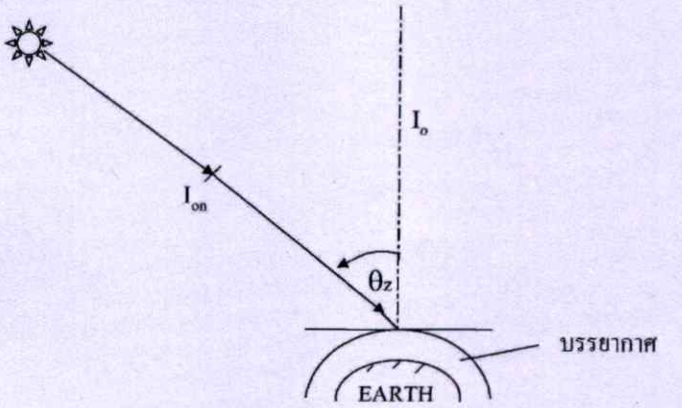
เมื่อ I_{on} = รังสีดวงอาทิตย์เฉพาะขณะตั้งฉากกับระนาบรับรังสีนอกบรรยากาศโลก (W/m^2)

I_{sc} = ค่าคงที่สุริยะ (1367 W/m^2)

r_0 = ระยะเฉลี่ยระหว่างดวงอาทิตย์ (1.496×10^8)

r = ระยะระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ (km)

E_0 = แฟคเตอร์สำหรับแก้ผลจากความรีของวงโคจร



รูปที่ 2.12 แสดงรังสีเฉพาะขณะในระนาบตั้งฉากกับทิศของรังสีและระนาบของพื้นราบ

จากความสัมพันธ์ระหว่างรังสีเฉพาะขณะในระนาบฉากกับทิศของรังสี (I_{on})กับในระนาบของพื้นราบ ตามรูป 2.12 เราสามารถเขียนเป็นสามารถได้ดังนี้

$$I_o = I_{on} \cos\theta_z \quad (2.16)$$

แต่

$$\cos\theta_z = \sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega \quad (2.17)$$

ดังนั้น

$$I_{0n} = I_{sc} E_0 (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega) \quad (2.18)$$

ค่า I_{0n} ในสมการ (2.18) เป็นค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉพาะขณะ ถ้าต้องการทราบพลังงานของรังสีในช่วงเวลาหนึ่ง จะเขียนสมการ (2.16) ได้ดังนี้

$$dI_o = 3600 I_{sc} E_0 \cos\theta_z dt \quad (2.19)$$

โดยที่ I_{sc} เป็นค่าคงที่สุริยะในหน่วย W/m^2 และ dt มีหน่วยเป็นชั่วโมง

จาก

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{2\pi}{24} rad/h$$

$$dt = (\frac{12}{\pi}) d\omega \quad (2.20)$$

แทน dt จากสมการ (2.20) ลงในสมการ (2.19) จะได้

$$dI_o = (12/\pi) 3600 I_{sc} E_0 (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega) \quad (2.21)$$

อินทิเกรต dI_o ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง จะได้

$$I_o = (12/\pi) 3600 I_{sc} E_0 \int (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega) d\omega \quad (2.22)$$

เมื่อ ω_i เป็นมุมชั่วโมงของกึ่งกลางชั่วโมงที่พิจารณา

หรือ

$$I_o = 3600 I_{sc} E_0 (\sin\delta \sin\phi + (24/\pi)\sin(\pi/24)\cos\delta\cos\phi\cos\omega_i) \qquad (2.23)$$

แต่เนื่องจาก $(24/\pi)\sin(\pi/24) = 0.9972$ หรือประมาณเท่ากับ 1 ดังนั้น

$$I_o = 3600 I_{sc} E_0 (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega_i) \qquad (2.24)$$

2.3.3.2 รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวัน

ค่ารังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันบนพื้นราบ (H_0) หาได้จากการอินทิเกรตค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายชั่วโมง

$$H_o = (24/\pi) 3600 I_{sc} E_0 \int (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega_i) d\omega \qquad (2.25)$$

หรือ

$$H_o = (24/\pi) 3600 I_{sc} E_0 \left[(\pi/180)\omega_s (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta\cos\phi\sin\omega_s\right] \qquad (2.26)$$

เมื่อ H_o = รังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันบนพื้นราบ $\left[J/m^2 - h\right]$

ω_s = มุมชั่วโมงที่ดวงอาทิตย์ตก (องศา)

I_{sc} = ค่าคงที่สุริยะ (1376 W/m^2)

2.4 รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส

2.4.1 องค์ประกอบของบรรยากาศโลก

โดยทั่วไปองค์ประกอบของบรรยากาศแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

ก. อากาศแห้งได้แก่ โมเลกุลต่างๆของก๊าซไนโตรเจนออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเฉื่อย ปริมาณก๊าซเหล่านี้บางชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์และสภาพภูมิอากาศ

ข. ไอน้ำ และปริมาณไอน้ำนิยมบอกความสูงของคอลัมน์ของน้ำ โดยสมมติว่า ไอน้ำในคอลัมน์ซึ่งตั้งฉากกับผิวโลกกลั่นตัวเป็นน้ำทั้งหมด

ค. ฝุ่น เป็นอนุภาคของแข็งที่แขวงลอยอยู่ในบรรยากาศ สามารถบอกปริมาณของฝุ่นได้หลายวิธี เช่น บอกเป็นจำนวนอนุภาคของฝุ่นต่อ 1 หน่วยปริมาตรของอากาศ หรือ บอกในรูปทัศนะวิสัย (visibility) และสภาพขุ่นมัว (turbidity) ของบรรยากาศ เป็นต้น

2.4.2 มวลอากาศที่รังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่าน (optical air mass)

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศมายังผิวโลกจะดูดกลืน (absorption) และกระเจิง (scattering) โดยโมเลกุลของอากาศ ไอน้ำและฝุ่นละออง ทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นโลกมีปริมาณลดลง การลดลงนี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดและปริมาณของอนุภาคต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของบรรยากาศ หรือขึ้นกับมวลของอากาศในคอลัมน์ที่รังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่าน (m_{act}) ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$m_{act} = \int \rho ds \qquad (2.27)$$

เมื่อ m_{act} = เป็นมวลอากาศที่รังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านจริง

s = ทางเดินของรังสีดวงอาทิตย์จริง (Geometrical Path Length)

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

สำหรับกรณีที่รังสีดวงอาทิตย์ตกตั้งฉากกับผิวโลก จะได้มวลของอากาศ ($m_{act,v}$) ดังสมการ

$$m_{act,v} = \int \rho dz \qquad (2.28)$$

เมื่อ z ระยะทางแนวตั้งฉากกับผิวโลก เราจะให้นิยามมวลอากาศสัมพัทธ์ที่รังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่าน (m_r) ว่าเป็นอันราส่วนของ m_{act} ต่อ $m_{act,v}$ หรือ

$$m_r = \frac{\int \rho ds}{\int \rho dz} \tag{2.29}$$

ค่า m_r นี้จะนำไปใช้ในการคำนวณการดูดกลืนและการกระเจิงของรังสีดวงอาทิตย์ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของบรรยากาศโลก ถ้าอนุโลมว่า รังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศมาถึงพื้นโลกเป็นเส้นตรง ค่า m_r สามารถหาได้ดังสมการ

$$m_r = \frac{1}{\cos\theta_z} \tag{2.30}$$

ค่า m_r ที่หาได้จากสมการนี้จะมีความแม่นยำมากขึ้น เมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงจากขอบฟ้า

2.4.3 การคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นโลกในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์เดินทางผ่านบรรยากาศมายังพื้นโลกจะดูดกลืน (absorption) และถูกกระเจิง (scattering) โดยโมเลกุลของอากาศ ไอน้ำ และฝุ่นละอองของแข็งที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ รังสีที่เหลือและพุ่งตรงมาถึงพื้นโลก เรียกว่ารังสีตรง (direct radiation) สำหรับรังสีที่เกิดจากการกระเจิงจะเรียกว่า รังสีกระจาย (diffuse radiation) การคำนวณรังสีรวม (global radiation) ที่มาถึงพื้นดินซึ่งประกอบด้วยรังสีตรงและรังสีกระจายสามารถทำได้โดยอาศัยทฤษฎีการดูดกลืนและการกระเจิงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบกับข้อมูลที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของบรรยากาศค่ารังสีตรงเฉพาะขณะ (direct irradiance) ที่ความยาวคลื่น λ ซึ่งตกตั้งฉากกับระนาบบนผิวโลก สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$I_{n\lambda} = I_{o\lambda} e^{-(\tau'_{r\lambda} + \tau'_{aer\lambda} + \tau'_{w\lambda} + \tau'_{o\lambda} + \tau'_{g\lambda}) m_a} \tag{2.31}$$

เมื่อ $I_{n\lambda}$ = สเปกตรัมความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ผิวโลกบนระนาบตั้งฉากกับลำแสง

$I_{o\lambda}$ = สเปกตรัมรังสีตรงนอกบรรยากาศโลกบนระนาบตั้งฉากกับลำแสง

$\tau'_{r\lambda}$ = ความลึกเชิงแสง (optical depth) ของบรรยากาศอันเนื่องมาจากการกระเจิงของโมเลกุลอากาศ

$\tau'_{aer\lambda}$ = ความลึกเชิงแสงของบรรยากาศอันเนื่องมาจากการกระเจิงและการดูดกลืนของฝุ่นละออง

$\tau'_{w\lambda}$ = ความลึกเชิงแสงของบรรยากาศอันเนื่องมาจากการดูดกลืนไอน้ำ

$\tau'_{o\lambda}$ = ความลึกเชิงแสงของบรรยากาศอันเนื่องมาจากการดูดกลืนของโอโซน

$\tau'_{g\lambda}$ = ความลึกเชิงแสงของบรรยากาศอันเนื่องมาจากการดูดกลืนก๊าซต่างๆ

2.5 รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกในสภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม

โดยทั่วไปท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม ปริมาณเมฆมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในรอบวัน ฤดูกาลและสถานที่ ตามหลักการเราสามารถใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์ คำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นโลกในสภาพที่เมฆปกคลุมได้ ในการคำนวณดังกล่าวเราต้องทราบ ปริมาณ ชนิด ความหนา และตำแหน่งของเมฆ แต่ข้อมูลเหล่านี้หาได้ค่อนข้างยากและมักไม่มีการวัดเป็นประจำที่พื้นโลก ดังนั้นในทางปฏิบัติ การหาค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์จึงอาศัยการวัดเป็นหลัก ดังนั้นในประเทศต่างๆมีการจักตั้งเครือข่ายสถานีวัดรังสีดวงอาทิตย์ขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลระยะยาว สำหรับนำไปใช้ในงานต่างๆสำหรับบริเวณที่ไม่มีการวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์แต่มีการวัดปริมาณเมฆ หรือจำนวนชั่วโมงมีแดดเราสามารถใช้ปริมาณดังกล่าวคำนวณรังสีดวงอาทิตย์ได้เช่นกัน ซึ่งกล่าวในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.5.1 การคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์จากจำนวนชั่วโมงที่มีแดด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\bar{H}$) และจำนวนชั่วโมงแดดรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\bar{S}$) และ จากสถานีวัดประเทศต่างๆพบว่า $\bar{H}$ และ $\bar{S}$ มีความสัมพันธ์ เขียนได้ดังสมการ

$$\bar{H}/\bar{H}_o = a + b\bar{S}/\bar{S}_o \qquad (2.32)$$

เมื่อ $\bar{H}_o$ เป็นค่ารังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนนอกบรรยากาศโลก และ $\bar{S}_o$ เป็นค่าจำนวนชั่วโมงมีแดดรายวันเฉลี่ยต่อเดือน a และ b เป็นค่าคงที่ที่ขึ้นกับสถานี สำหรับกรณีของประเทศไทย ค่า a และ b แสดงไว้ดังตารางที่ 2.1 (เสริม จันทร์ฉาย และคณะ, 2544) จากสมการดังกล่าวเราจึงสามารถคำนวณค่าความเข้มรังสีรวมจากจำนวนชั่วโมงมีแดดซึ่งมีการวัดตามสถานีอุตุนิยมวิทยาต่างๆ ได้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ a และ b ของสถานีต่างๆในประเทศไทย

สถานี	a	b
กรุงเทพฯ	0.2905	0.3783
เชียงใหม่	0.3169	0.3465
อุบลราชธานี	0.3129	0.3946
สงขลา	0.2638	0.4912

2.5.2 การคำนวณความเข้มรังสีรวมจากปริมาณเมฆ

รังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ($\bar{H}$) มีความสัมพันธ์ในเชิงสถิติกับปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยต่อเดือน $\bar{C}$ ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการทั่วไปดังนี้

$$\bar{H}/\bar{H}_o = c - d\bar{C} \qquad (2.33)$$

เมื่อ c และ d เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับข้อมูลแต่ละชนิดชุดที่นำมาใช่หาความสัมพันธ์ดังกล่าว สมการนี้จะช่วยให้เราคำนวณค่า $\bar{H}$ จากปริมาณเมฆ $\bar{C}$ ซึ่งมีการวัดโดยทั่วไปตามสถานีอุตุนิยมวิทยาต่างๆ โดยค่าคงที่c และ d ของสถานีต่างในประเทศไทยแสดงไว้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าคงที่ c และ d ของสถานีต่างๆในประเทศไทย

สถานี	c	d
เชียงใหม่	0.6362	0.0222
อุบลราชธานี	0.7716	0.0371
สงขลา	0.9095	0.0515

2.5.3 การคำนวณหาความเข้มของรังสีกระจายจากความเข้มรังสีรวม

เนื่องจากการวัดรังสีกระจายที่มีความยุ่งยากมากกว่าการวัดรังสีรวม ดังนั้นสถานีที่วัดส่วนใหญ่จึงทำการวัดเฉพาะรังสีรวมเท่านั้น แต่การใช้งานโดยทั่วไป เราจำเป็นต้องทราบค่ารังสีกระจายหรือรังสีตรงด้วย การแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการหาสหสัมพันธ์ระหว่างรังสีกระจายและรังสีรวมและนำสหสัมพันธ์ดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณค่ารังสีกระจายจากข้อมูลรังสีรวมที่วัดได้ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปนี้

ก. รังสีรายชั่วโมง

โดยทั่วไปนิยมแสดงสหสัมพันธ์ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีกระจายรายชั่วโมง (I_d) ต่อรังสีรวมรายชั่วโมง (I) และดัชนีความใสบรรยากาศรายชั่วโมง (hourly clearness index, K_t) ดัชนีความใสในบรรยากาศ คืออัตราส่วนของรังสีรวมรายชั่วโมงต่อรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายชั่วโมง (I_0) สหสัมพันธ์ดังกล่าวข้อมูลจากบริเวณต่างๆของโลกจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศที่ตั้งสถานีวัดและคุณภาพของข้อมูลสำหรับกรณีของประเทศไทย สหสัมพันธ์ที่ได้สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ตามตารางที่ 2.3 (เสริม จันทร์ฉายและคณะ, 2544)

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีกระจายรายชั่วโมง(I_d) ต่อรังสีรวมรายชั่วโมง (I) และดัชนีความใสบรรยากาศรายชั่วโมง (K_t) ของสถานีต่างๆในประเทศไทย

สถานี	สมการ
เชียงใหม่	$\frac{\overline{I_d}}{\overline{I}} = 0.8004 + 1.7153K_t - 7.3459K_t^2 + 5.578K_t^3$
อุบลราชธานี	$\frac{\overline{I_d}}{\overline{I}} = 0.6934 + 2.3409K_t - 8.0802K_t^2 + 5.6614K_t^3$
สงขลา	$\frac{\overline{I_d}}{\overline{I}} = 0.7091 + 1.8917K_t - 6.2693K_t^2 + 3.9744K_t^3$
นครปฐม	$\frac{\overline{I_d}}{\overline{I}} = 0.6772 + 2.568K_t - 8.8866K_t^2 + 6.3828K_t^3$

ข. รังสีรายวัน

จาการวิเคราะห์ข้อมูลรังสีกระจายรายวัน (H_d) และรังสีรวมรายวัน (H) ซึ่งได้จากสถานีวัดประเทศไทย พบว่า อัตราส่วนรังสีกระจายรายวันต่อรังสีรวมรายวัน และดัชนีความใสบรรยากาศรายวันประเทศ (daily clearness index, K_t) สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการในตารางที่ 2.4 (เสริม จันทร์ฉายและคณะ, 2544)

ตารางที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีรวมรายวัน และดัชนีความใสบรรยากาศรายวัน (daily clearness index, K_t) ของสถานีต่างๆในประเทศไทย

สถานี	สมการ
เชียงใหม่	$\frac{H_d}{H} = 1.3437 - 1.6790K_T$
อุบลราชธานี	$\frac{H_d}{H} = 1.3316 - 1.5897K_T$
สงขลา	$\frac{H_d}{H} = 1.2346 - 1.3829K_T$
นครปฐม	$\frac{H_d}{H} = 1.3589 - 1.6665K_T$

ค.รังสีรายวันเฉลี่ยต่อเดือน

กรณีของรังสีรายวันเฉลี่ยต่อเดือน พบว่ามีสหสัมพันธ์เช่นเดียวกับกรณีของรังสีรายวัน สำหรับสหสัมพันธ์สามารถเขียนในรูปสมการได้ตารางที่ 2.5 (เสริม จันทร์ฉายและคณะ, 2544)

ตารางที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของรังสีกระจายรายวันเฉลี่ยต่อเดือนต่อรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน และดัชนีความใสบรรยากาศรายวัน(daily clearness index, $\overline{K_t}$) ของสถานีต่างๆในประเทศไทย

สถานี	สมการ
เชียงใหม่	$\frac{H_d}{H} = 1.5391 - 2.2749\overline{K_T} + 0.6102\overline{K_T}^3$
อุบลราชธานี	$\frac{H_d}{H} = 1.9078 - 3.2908\overline{K_T} + 1.9184\overline{K_T}^3$
สงขลา	$\frac{H_d}{H} = 1.1739 - 1.5069\overline{K_T} + 0.4904\overline{K_T}^3$
นครปฐม	$\frac{H_d}{H} = 1.7872 - 2.9099\overline{K_T} + 1.3020\overline{K_T}^3$

2.6 การคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์บนพื้นเอียง

รังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นเอียงได้รับจะประกอบไปด้วยรังสี 3 ส่วน ได้แก่ รังสีตรง รังสีกระจายจากท้องฟ้า และรังสีกระจายจากพื้นดิน ค่ารังสีตรงรายชั่วโมงที่ตกกระทบพื้นเอียง(I_{bt}) หาได้จาสมการ

$$I_{bt} = R_b I_b \tag{2.34}$$

เมื่อ I_b เป็นรังสีตรงรายชั่วโมงบนพื้นราบ สำหรับกรณีของซีกโลกภาคเหนือและพื้นเอียงหันหน้าทางทิศใต้ จะหา R_b ได้จากสมการ

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \tag{2.35}$$

เมื่อ θ เป็นมุมระหว่างลำแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นเอียงกับเส้นตั้งฉากของพื้นเอียงนั้นและ θ_z เป็นมุมเซนิธ (zenith angle) ของตำแหน่งดวงอาทิตย์

ค่ารังสีกระจายจากท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นเอียง I_{dt} จะขึ้นกับ View factor ของพื้น เมื่อเทียบกับท้องฟ้า $(1+\cos\beta)/2$ และรังสีรวมตกกระทบพื้นราบ (I_d) ในเวลานั้นดังสมการ

$$I_{dT} = \frac{1}{2} I_d (1 + \cos\beta) \quad (2.36)$$

เมื่อ β เป็นมุมเอียงของพื้นเอียง

สำหรับค่ารังสีกระจายที่มาจากพื้นดิน I_{dg} จะขึ้นกับ View factor ของพื้นเอียงเทียบกับพื้นดิน $(1-\cos\beta)/2$ ค่ารังสีรวมที่ตกกระทบบนพื้นราบ (I) ในเวลานั้นละค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (albedo,ρ) ของพื้นดินดังสมการ

$$I_{dg} = \frac{1}{2} I (1 - \cos\beta) \quad (2.37)$$

ดังนั้นค่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบพื้นเอียง ซึ่งหันหน้าไปทางทิศใต้จะหาได้จากสมการ

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{dg} \quad (2.38)$$

หรือ

$$I_d = R_b I_b + \frac{1}{2} I_d (1 + \cos\beta) + \frac{1}{2} I (1 - \cos\beta) \quad (2.39)$$

สำหรับการหาค่ารังสีรวมรายวันบนพื้นเอียงสามารถคำนวณได้จากผลรวมของรังสีรายชั่วโมง

2.7 ความร้อนและอุณหภูมิ (heat and temperature)

สสารทั้งหลายประกอบด้วย อะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า "ความร้อน" (heat) เราพิจารณาพลังงานความร้อน (heat energy) จากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลทั้งหมดของสสาร

อุณหภูมิ (temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสสาร เมื่อเราใส่พลังงานความร้อนให้กับสสาร อะตอมของมันจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อเราลดพลังงานความร้อน อะตอมของสสารจะเคลื่อนที่ช้าลงทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง

หากเราต้มน้ำด้วยถ้วยและหม้อบนเตาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าน้ำในถ้วยจะมีอุณหภูมิสูงกว่า แต่จะมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าในหม้อ เนื่องจากปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับมวลทั้งหมดของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของพลังงานในแต่ละอะตอม ดังนั้นบรรยากาศชั้นบนของโลก จึงมีอุณหภูมิสูง แต่มีพลังงานความร้อนน้อย เนื่องจากมีมวลอากาศอยู่อย่างเบาบาง

2.7.1 สเกลอุณหภูมิ

ก. องศาฟาเรนไฮต์

ในปี ค.ศ.1714 กาเบรียล ฟาเรนไฮต์ (Gabrial Fahrenheit) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์ซึ่งบรรจุปรอทไว้ในหลอดแก้ว เขาพยายามทำให้ปรอทลดต่ำสุด (0°F) โดยใช้น้ำแข็งและเกลือผสมน้ำ เขาพิจารณาจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 32°F และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 212°F

ข. องศาเซลเซียส

ในปี ค.ศ.1742 แอนเดอส์ เซลเซียส (Anders Celsius) นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ได้ออกแบบสเกลเทอร์โมมิเตอร์ให้อ่านได้ง่ายขึ้น โดยมีจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 0°C และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100°C

ค. เคลวิน (องศาสัมบูรณ์)

ต่อมาในคริสศตวรรษที่ 19 ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่าง ความร้อนและอุณหภูมิว่า ณ อุณหภูมิ -273°C อะตอมของสสารจะไม่มีการเคลื่อนที่ และจะไม่มีสิ่งใดหนาวเย็นไปกว่านี้ได้อีก เขาจึงกำหนดให้ 0 K = -273°C (ไม่ต้องใช้เครื่องหมาย ° กำกับหน้าอักษร K) สเกลองศาสัมบูรณ์หรือเคลวิน เช่นเดียวกับองศาเซลเซียสทุกประการ เพียงแต่ +273 เข้าไป เมื่อต้องการเปลี่ยนเคลวินเป็นเซลเซียส

2.7.2 กลไกการถ่ายเทความร้อน

เราแบ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 ชนิดคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี แต่ทว่าในความเป็นจริง การถ่ายเทความร้อนทั้งสามชนิดอาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กันอย่างแยกไม่ออก

ก. การนำความร้อน (conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ยกตัวอย่างเช่น หากเราจับทัพพีในหม้อหุงข้าว ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านทัพพีมายังมือของเรา ทำให้เรารู้สึกร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี อโลหะและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว

ข. การพาความร้อน (convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ ส่วนของแข็งนั้นจะมีการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน และการแผ่รังสีเท่านั้น การพาความร้อนจึงมากมักเกิดขึ้นในบรรยากาศ และมหาสมุทร รวมทั้งภายในโลก และดวงอาทิตย์

ค. การแผ่รังสี (radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -273°C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว

2.8 การสื่อสารไร้สาย

การสื่อสารไร้สาย คือการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นดิจิตอล โดยใช้แถบเสียงขนาด 4 กิโลเฮิร์ตซ์ต่อวินาที ใช้อัตราสุ่ม 8,000 ครั้งต่อวินาที ได้สัญญาณดิจิตอลขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที แถบเสียงแบบดิจิตอลจึงเป็นข้อมูลที่มีการรับส่งกันมากที่สุดในโลกอยู่ขณะนี้

พัฒนาการของการสื่อสารไร้สายเริ่มเมื่อปี 1983 โดยระบบเซลลูลาร์เริ่มพัฒนาขึ้นใช้งาน ระบบแรกเรียกว่า ระบบ อะนาลอกแอดวานโมบายโฟนเซอร์วิส(AMPS-Analog Advance Mobile Phone Service) สามารถส่งสัญญาณไร้สายแบบอะนาล็อกโดยใช้คลื่นความถี่ที่ 824-894 เมกะเฮิร์ตซ์ ใช้หลักการแบ่งช่องทางความถี่หรือที่เรียกว่า ฟรีเควนซี่ดิวิชั่นมัลติเพลคแอดเซด(FDMA-Frequency Division Multiple Access)

ต่อมาปี 1990 กลุ่มผู้พัฒนาระบบเซลลูลาร์ได้พัฒนามาตรฐานใหม่ให้ชื่อระบบ โกลบอลซีสเต็มฟอร์โมบายคอมมูนิเคชั่น (GSM-Global System for Mobile Communication) เชื่อมโยงติดต่อกันได้ทั่วโลก ใช้วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณด้วยระบบ ไทม์ดิวิชั่นมัลติเพลคแอคเซส (TDMA-Time Division Multiple Access) โดยใช้ความถี่ในการติดต่อกับสถานีเบสที่ 890-960 เมกะเฮิร์ตซ์

2.8.1 พัฒนาการของโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์แบ่ง ออกเป็นยุค ดังนี้

ก. ยุค 1G การรับส่งสัญญาณใช้วิธีการมอดูเลตสัญญาณอะนาล็อกเข้าช่องสื่อสาร โดยใช้การแบ่งความถี่ออกมาเป็นช่องเล็กๆ วิธีการนี้มีข้อจำกัดเรื่องจำนวนช่องสัญญาณ และการใช้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ติดขัดเรื่องการขยายจำนวนเลขหมาย และการขยายแถบความถี่ ทั้งตัวเครื่องโทรศัพท์เซลลูลาร์ยังมีขนาดใหญ่ ใช้กำลังงานไฟฟ้ามาก

ข. ยุค 2G เป็นยุคเข้ารหัสสัญญาณเสียง บีบอัดสัญญาณเสียงในรูปแบบดิจิตอลให้มีขนาดจำนวนข้อมูลน้อยลงเหลือเพียงประมาณ 9 กิโลบิตต่อวินาที ต่อช่องสัญญาณ การติดต่อจากสถานีลูก หรือตัวโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีเบสใช้วิธีการ 2 แบบคือ การแบ่งช่องเวลาออกเป็นช่องเล็กๆ และแบ่งกันใช้ ทำให้ใช้ช่องสัญญาณความถี่วิทยุได้เพิ่มขึ้นจากเดิม กับแบบแบ่งการเข้าถึงตามการเข้ารหัสและการถอดรหัส

ค. ยุค 3G เป็นยุคแห่งอนาคตอันใกล้ โดยสร้างระบบใหม่ให้รองรับระบบเก่าได้ เรียกว่า ยูนิเวอร์ซอลโมบายเทเลคอมมูนิเคชั่นซีสเต็ม (Universal Mobile Telecommunication Systems - UMTS) โดยมุ่งหวังว่า การเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สาย สามารถกระทำได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลาย เช่น จากคอมพิวเตอร์ จากเครื่องใช้ไฟฟ้า

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยได้แบ่งงานของการทำวิจัยออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการออกแบบ และสร้างเครื่องมือมาเพื่อใช้ในงานวิจัยให้ได้มาตรฐานเดียวกับมาตรฐานโลก ขั้นต่อไปเป็นการนำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม กับสัญญาณโทรศัพท์ไร้สาย

3.1 การออกแบบ พัฒนา สร้าง และสอบเทียบเครื่องวัดทางด้านสิ่งแวดล้อม

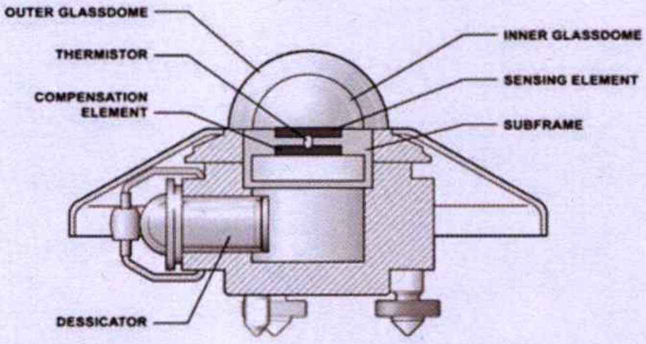
ในกระบวนการเป็นการศึกษาหลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 2 ชนิด คือ เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ (pyranometer) และเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer) ทำการออกแบบ และสร้างเครื่องมือทั้งสองชนิด เพื่อให้ได้เครื่องมือที่เหมาะสมกับรูปแบบงานวิจัยที่ทำการศึกษา หลังจากทำการสร้างเครื่องมือเสร็จเป็นที่เรียบร้อย ทำการทดสอบการทำงานขั้นต้นเพื่อศึกษาปัญหาเนื่องมาจากกระบวนการทำงานของเครื่อง เช่น การขับเคลื่อนของตัวอุปกรณ์ การรับและการส่งข้อมูลเป็นเครือข่ายไร้สายขนาดย่อม รูปแบบการทำงานแบบเชิงเดี่ยว และเชิงกลุ่มเพื่อใช้ในการแก้ไขให้เครื่องมือสามารถที่จะทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และไม่เกิดความผิดพลาดในระหว่างปฏิบัติงาน

จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น หลังจากทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นการเสร็จสิ้นเพื่อให้ได้เครื่องมือที่ได้มาตรฐานเท่าเทียมกันในทุกตัว ได้ตามมาตรฐานสากล และให้ได้ข้อมูลที่เป็นที่ยอมรับกันโดยสากล จึงได้ทำการจัดส่งเครื่องมือบางส่วนนำไปทำการสอบเทียบกับเครื่องมาตรฐานเพื่อให้ได้มาตรฐานในการทำงาน และได้มาตรฐานในการตรวจวัด รวบไปถึงรูปแบบการเก็บข้อมูล โดยในส่วนของ เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ได้ส่งไปทำการสอบเทียบที่ห้องวิจัยของบริษัท คริปแอนโซเน็ค ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ได้มาตรฐานแห่งหนึ่งของโลก และในส่วนของ เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ ได้ส่งไปสอบเทียบ ณ เวิดเรดิเอชั่นเซ็นเตอร์ ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เป็นสถานที่ที่ใช้ในการสอบ และปรับเทียบเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลกเช่นเดียวกัน

3.1.1 เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ (pyranometer)

3.1.1.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ (pyranometer) มีหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดปริมาณแสงแดดหรือแสงอาทิตย์ไพรานอมิเตอร์จะมีแผ่นรับแสงอาทิตย์เป็นวัตถุสีดำ ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนความยาวคลื่นตั้งแต่ 305 nm ถึง 2800 nm การดูดกลืนดังกล่าวจะทำให้อุณหภูมิของแผ่นรับแสงร้อนขึ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะถูกวัดโดยเทอร์โมพายร์ สัญญาณเอาร์พุตจากไพราโนมิเตอร์จะเป็นแรงดันไฟฟ้า ในระดับไมโครโวลท์



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์

3.1.1.2 การออกแบบ และสร้างอุปกรณ์

เนื่องจากเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่จะต้องมีความสามารถในการวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ได้ตลอดวัน ดังนั้นรูปแบบการทำงาน รูปทรง และวัสดุที่ใช้ในการทำจึงมีความสำคัญเป็นพิเศษ โดยมีกระบวนการ ออกแบบ และสร้างเครื่องมือ ดังนี้

ก. การเลือกใช้หัววัด หรือ เซ็นเซอร์

ในส่วนของหัววัดของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ เป็นขดลวดความร้อน โดยอาศัยหลักการทางด้านความร้อน ของแสงอาทิตย์ที่ผ่านเลนส์รวมแสงเข้ามาที่บริเวณหัววัดจนเกิดความร้อนขึ้น โดยเราได้เลือกใช้หัววัดที่มีความไว ต่ออุณหภูมิไม่มากนัก เนื่องจากเหตุผลที่ว่า ในบริเวณพื้นที่ทำวิจัย มีอุณหภูมิสูงมาก ประกอบกับปริมาณแสงแดดที่มีอยู่ในเวลาที่สนใจ เพียงพอที่จะใช้ในการเก็บสะสมข้อมูล จึงไม่มีความจำเป็นมากในการที่จะใช้หัววัดที่มีความไวต่อความร้อนสูงมากนัก

ข. การเลือกใช้วัสดุในการทำตัวถัง

ในส่วนของตัวถังเราได้ใช้วัสดุเดียวกับเครื่องแบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วโลก ในตอนนี้ เพราะ นอกจากมีคุณสมบัติที่คงทนต่อสภาพอากาศแล้ว ยังสามารถที่จะไม่ทำให้เกิดอุณหภูมิภายในที่มีผลกระทบรบกวนกับหัววัดที่ติดตั้งอยู่ในตัวอุปกรณ์ ดังนั้นการใช้วัสดุเดิมก็มีความเหมาะสม

ค. การออกแบบ และสร้างอุปกรณ์

สำหรับการออกแบบหน้าตาของตัวอุปกรณ์ เราได้พิจารณาจากตัวต้นแบบ เห็นว่าในส่วนของอุปกรณ์ต้นแบบ ยังมีข้อบกพร่องทางด้านการเชื่อมต่อ และการป้องกันในบางส่วน เราจึงได้ทำการออกแบบรูปแบบของตัวถัง และโดมที่ใช้ในการรวมแสง โดยใช้โปรแกรม ออโต้เคด (AUTOCAD) และ โซลิดเวิค (solid work) ในการออกแบบและจำลองสถานการณ์ และก็ได้รูปแบบอุปกรณ์ที่ เหมาะสมดังรูปที่ 3.2 และทำการส่งแบบไปขึ้นรูปอุปกรณ์ก่อนที่จะนำมาประกอบเพื่อใช้ในการทดสอบและ สอบเทียบต่อไป

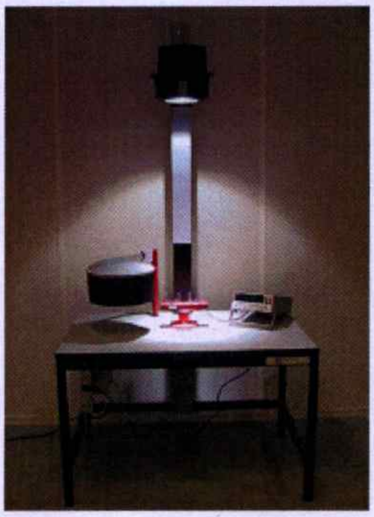
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัย

ง. ทดสอบการทำงานขั้นต้น

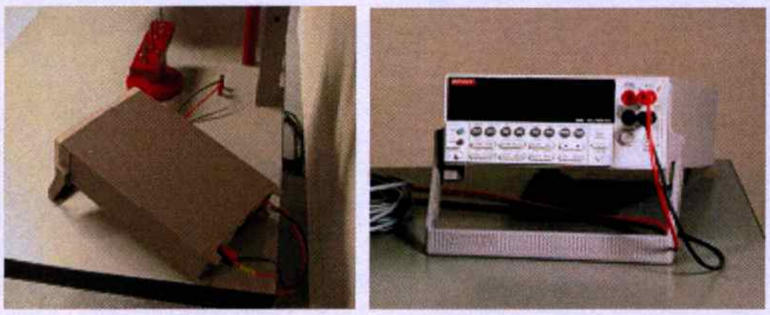
ในส่วนของการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในขั้นต้น เป็นการศึกษารูปแบบของการทำงานว่า สามารถที่จะส่งข้อมูลได้ตามที่กำหนด และสามารถที่จะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ตามข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาหรือไม่ ผลปรากฏว่าในส่วนของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ไม่มีปัญหาอย่างไร และยังสามารถให้ค่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลมาตรฐานอีกเช่นกัน

จ. การสอบเทียบเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์

สำหรับการสอบเทียบเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ได้จัดส่งเครื่องมือไปยังห้องปฏิบัติการของบริษัท ประเทศสหรัฐอเมริกา ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนมากในการใช้ทำเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ได้ใช้ของบริษัทคริปแอนโซเน็ค รวมทั้งยังได้แบบมาตรฐานมาจากบริษัท เช่นกัน ดังนั้นจึงคิดว่าการที่จะสอบเทียบทางด้านอุปกรณ์ ก็สมควรที่จะให้บริษัทเป็นผู้ทำการเช่นกัน ผลการสอบเทียบในตัวอุปกรณ์ พบว่าในครั้งแรกของการสอบเทียบมีความคาดเคลื่อนไปจากมาตรฐานอย่างมากถึงร้อยละ 40% และได้ทำการปรับเทียบเครื่องมือเรื่อยมาจนได้ค่าที่ได้เป็นมาตรฐานเดียวกับที่ทางบริษัทกำหนดไว้เป็นค่ามาตรฐานสากล



รูปที่ 3.3 แสดงการปรับเทียบเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท คริปแอนโซเน็ค ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องโวลต์มิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบ

รูปที่ 3.5 แสดงหลอดไฟที่ใช้ในการสอบเทียบ

รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในการสอบเทียบ

3.1.2 เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer)

3.1.2.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer) เป็นเครื่องมือที่มีหน้าที่ในการวิเคราะห์ ปริมาณละอองลอยในอากาศว่ามีความหนา หรือมีความมากน้อยในระดับไหน โดยการทำงานของเครื่องจะอาศัยหลักการทางแสงเบื้องต้น โดยที่แสงจะเดินทางมาจากดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศ และเดินทางผ่านชั้นของฝุ่นละอองในอากาศ ดังนั้นถ้าปริมาณความหนาของชั้นฝุ่นละอองในอากาศมาก ก็จะเป็นผลทำให้ปริมาณที่แสงเดินทางมายังตัวเครื่องได้น้อย

รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.2.2 การออกแบบ และสร้างอุปกรณ์

เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศเป็นเครื่องที่มีศักยภาพสูง และเป็นเครื่องที่มีความละเอียดอ่อนสูงเช่นกัน เนื่องด้วยตัวเครื่องจะทำงานเป็นเวลา และในแต่ละเวลาต้องตรงตามทิศทางของด้วยอาทิตย์เป็นสำคัญ อีกทั้งตัวเครื่องยังต้องอาศัยกลไกในการขับเคลื่อนตัวเองในการทำงานอีกเช่นกัน ดังนั้นในการออกแบบเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศจึงต้องละเอียดและรอบคอบเป็นอย่างมาก

ก. การเลือกใช้หัววัด หรือเซ็นเซอร์

ในเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ จะประกอบไปด้วยหัววัดตั้งแต่ 2 หัววัดขึ้นไปในการทำงาน เนื่องจากการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ต้องมีการเปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองในอากาศเพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดเช่นกัน ในงานวิจัยเราได้ใช้หัววัด มาตรฐานเดียวกับเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศทั่วไป ด้วยเหตุผลที่ว่า จะได้ไม่ต้องเสียเวลาในการปรับเทียบมาก และยังเป็นมาตรฐานสากลของการสร้างเครื่องมือประเภทนี้อีกเช่นกัน

รูปที่ 3.8 แสดงหัววัดที่ใช้ในเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่สร้างขึ้น

ข. การเลือกใช้วัสดุตัวถัง และระบบขับเคลื่อน

ในการเลือกใช้วัสดุตัวถังของ เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศจะต้องมีความสามารถในการกันความร้อน และทนทานต่อสภาพอากาศเช่นเดียวกับเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ เราจึงเลือกใช้วัสดุตัวเดียวกับเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ซึ่งโดยปกติแล้วไม่เป็นที่นิยมใช้มากนักสำหรับเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ เพราะมีราคาที่แพงเกินไป แต่เนื่องด้วยอุณหภูมิปกติของพื้นที่ที่ทำวิจัยมีอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งขนาดเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศแบบมาตรฐานยังมีการรบกวนจากอุณหภูมิภายนอก เราจึงตัดสินใจที่จะใช้วัสดุประเภทเดียวกันเพื่อให้ได้ค่าที่มีมาตรฐานและเชื่อถือได้ ระบบขับเคลื่อนของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ โดยปกติจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบที่อ้างอิงโดยการคำนวณโดยตัวเครื่อง และ แบบที่อ้างอิงโดยการใช้ข้อมูลภายนอกตัวเครื่อง เราได้เลือกใช้ในระบบที่ใช้การอ้างอิงภายนอกตัวเครื่องด้วยเหตุผลที่ว่าจะให้ความแม่นยำกว่า การที่อ้างอิงภายในตัวเครื่อง

ค. การออกแบบ และสร้างอุปกรณ์

เช่นเดียวกันเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ เราได้ร่างแบบทั้งหมด โดยใช้โปรแกรมเข้าช่วย และได้จำลองการทำงานของอุปกรณ์ในขั้นต้นจนเป็นที่แน่ใจเรียบร้อยจึงได้ทำการสร้างเครื่องมือขึ้นมา โดยตัวถังได้ส่งแบบไปขึ้นรูป และได้ทำการเขียนโปรแกรมติดต่อและออกแบบ ระบบการอ้างอิงพิกัด และการส่งข้อมูล สุดท้ายก็ทำการประกอบเครื่องมือทั้งหมดก่อนจะนำไปทดสอบการทำงานต่อไป

ง. การทดสอบการทำงาน

การทดสอบการทำงานของเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ ทำโดยการนำเครื่องมือออกมาทดสอบ รูปแบบการทำงานว่ามีการติดขัด หรือ พบปัญหาระหว่างการทำงานว่าเป็นอย่างไร ผลการทดสอบปรากฏว่ามีเครื่องมือบางตัวมีปัญหาทางด้านการขับเคลื่อน และมีปัญหาทางด้านการส่งข้อมูลซึ่งเป็นปัญหาในทางเทคนิค แต่ในส่วนของข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ได้มาตรฐานและใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานอย่างมาก

จ.การสอบเทียบเครื่องวัดความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ

ในการสอบเทียบของเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ ได้ทำการจัดส่งเครื่องมือไป ณ เวิดเรดิเอชั่นเซ็นเตอร์ ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เป็นสถานที่ที่ใช้ในการสอบ และปรับเทียบเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ซึ่งเป็นสถานที่ที่ใช้สำหรับในการสอบ และปรับเทียบเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศโดยเฉพาะ ผลการสอบเทียบเครื่องมือไม่มีปัญหาในการสอบเทียบแต่อย่างใด และได้มาตรฐานตามที่เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศสมควรที่จะได้

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล และการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

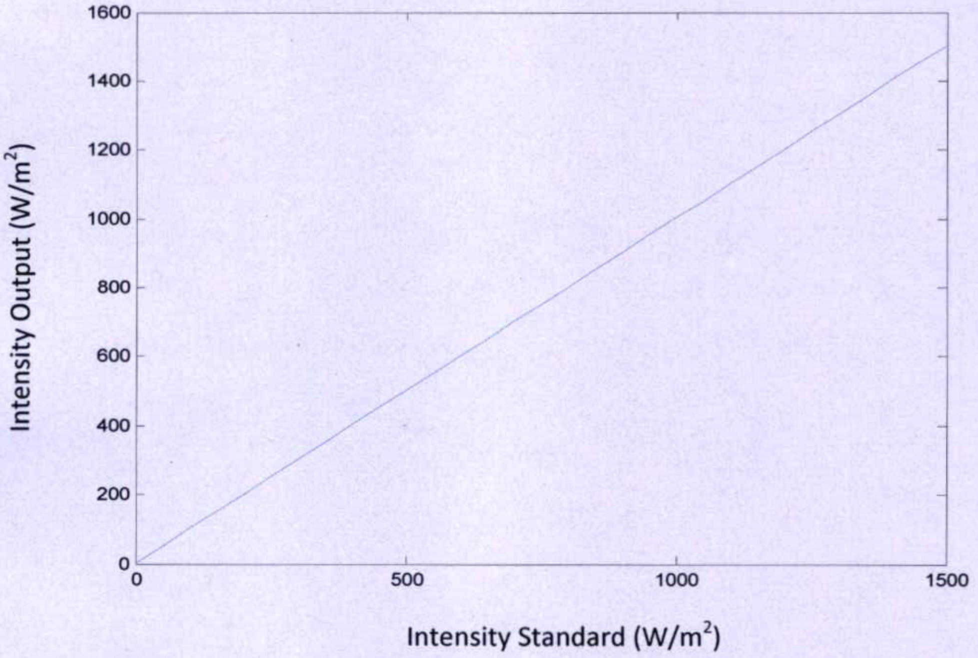
ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการติดตั้งเครื่องมือตามพิกัด หรือจุดในบริเวณพื้นที่ในการทำวิจัย เพื่อที่จะได้ทำการเก็บข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมพื้นฐานในบริเวณสถานที่ทำวิจัย การศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสถานที่ทำวิจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสภาพอากาศ โดยในขั้นต้นได้ทำคาดเดาสถานการณ์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงในขั้นต้น เพื่อที่จะใช้ในการติดตั้งเครื่องมือในพิกัดที่น่าสนใจ และในพิกัดที่ยังมีความเป็นปกติอยู่ เพื่อใช้ในกรณีเป็นการเปรียบเทียบความผิดปกติไปจากเดิม จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปทำการเก็บรวบรวม เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านผลกระทบทั่วไปต่อไป ระหว่างทำงานวิจัยได้ทำการศึกษาผลกระทบทั่วไปทางด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าในส่วนของการสื่อสารก็มีผลกระทบด้วยเช่นกันดังนั้นจึงได้ร่วมกับ บริษัทแอดวานอินโฟเซอร์วิซ ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมกับการสื่อสาร ว่ามีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยเพียงใด

บทที่ 4

ผลการสอบเทียบและข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม

4.1 การสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องมือ

4.1.1 เครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ (pyranometer)



รูปที่ 4.1 แสดงผลการปรับเทียบที่ห้องแลปบริษัท คริปแอนโซเน็ค

จากรูปที่ 4.1 เป็นผลแสดงการสอบเทียบเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท คริปแอนโซเน็ค ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา จากกราฟในแกนนอนเป็นค่าความเข้มของแสงที่จ่ายในระดับต่าง ๆ จากนั้นทำการเพิ่มค่าความเข้มแสงไปจนถึงระดับหนึ่ง โดยมีเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์แบบมาตรฐานติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสอบเทียบครั้งนี้ ผลจากการสอบเทียบจะเห็นได้ว่าเครื่องให้ศักยภาพตรงตามมาตรฐานที่ต้องการไม่มีความคลาดเคลื่อนไปมาก

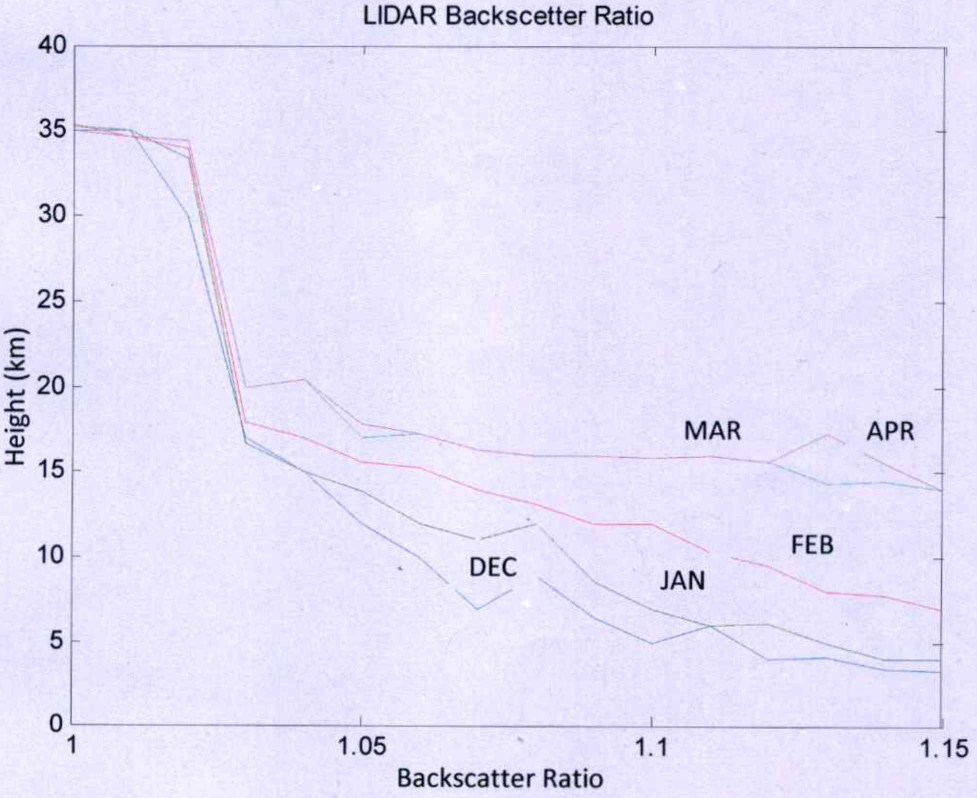
4.1.2 เครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer)

ในส่วนของเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (sun photometer) ได้จัดส่งไปสอบเทียบที่ เวิคเรดิเอชั่นเซ็นเตอร์ ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ผลการสอบเทียบไม่พบปัญหาใด ๆ เครื่องมือได้มาตรฐานทางด้านการวัดทุกประการ โดยตัวเครื่องมือสามารถที่จะจัดเก็บข้อมูลโดยไม่มีความคลาดเคลื่อนไปจากมาตรฐานและสามารถที่จะเก็บข้อมูลในกรณีที่มี อุณหภูมิสูงถึง 57 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่ 10 อาศงเซลเซียส เนื่องด้วยปัญหาทางด้านอุปกรณ์ประกอบทางด้านการหมุนและการส่งสัญญาณที่ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ

จากผลการสอบเทียบเครื่องมือจะเห็นได้ว่าผ่านการสอบเทียบทั้งทางด้านน้ำหนัก ความยาวและมาตรฐานทางด้านการวัด และการทำงานทุกประการและสามารถที่จะนำมาใช้งานในการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมได้ หลังจากที่เครื่องมือถูกส่งกลับมาเป็นการเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการปรับเทียบเครื่องมือทั้งหมดกับเครื่องที่เหลือเพื่อให้ได้มาตรฐานเดียวกันทั้งหมด

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและการศึกษาผลกระทบ

4.2.1 ข้อมูลการกระเจิงของฝุ่นละอองทางแสง



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์การกระเจิงของฝุ่นละอองทางแสงที่ระดับความสูงต่างๆ ในระยะเวลา 5 เดือนในการสำรวจ

จากรูปที่ 4.2 เป็นการแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างการกระเจิงของฝุ่นละอองทางแสงที่ระดับความสูงต่าง ๆ ในระยะเวลา 5 เดือนในบริเวณสถานที่ทำวิจัย โดยใช้เลเซอร์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดหาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (lidar) ทำการติดตั้งบริเวณสถานที่ทำวิจัยทำการยิงแสงเลเซอร์ย่านความยาวคลื่น 780 nm ทำการยิงทุกวัน เป็นระยะเวลา 5 เดือนเริ่มยิงตั้งแต่เดือนธันวาคม 2550 สิ้นสุดการยิงหรือทำการยิงเลเซอร์เป็นครั้งสุดท้าย ในวันที่ 29 เมษายน 2551 ผลที่ได้เมื่อพิจารณาจากรูปกราฟจะเห็นได้ว่า อัตราการกระเจิงของแสงเลเซอร์เริ่มมีการเพิ่มขึ้นในเดือนถัดมาอย่างต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่ามีการกระจายของวัตถุ หรือ ฝุ่นละอองในอากาศมากขึ้นจากเดิมหลังจากที่สรุปเป็นที่แน่ชัดเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

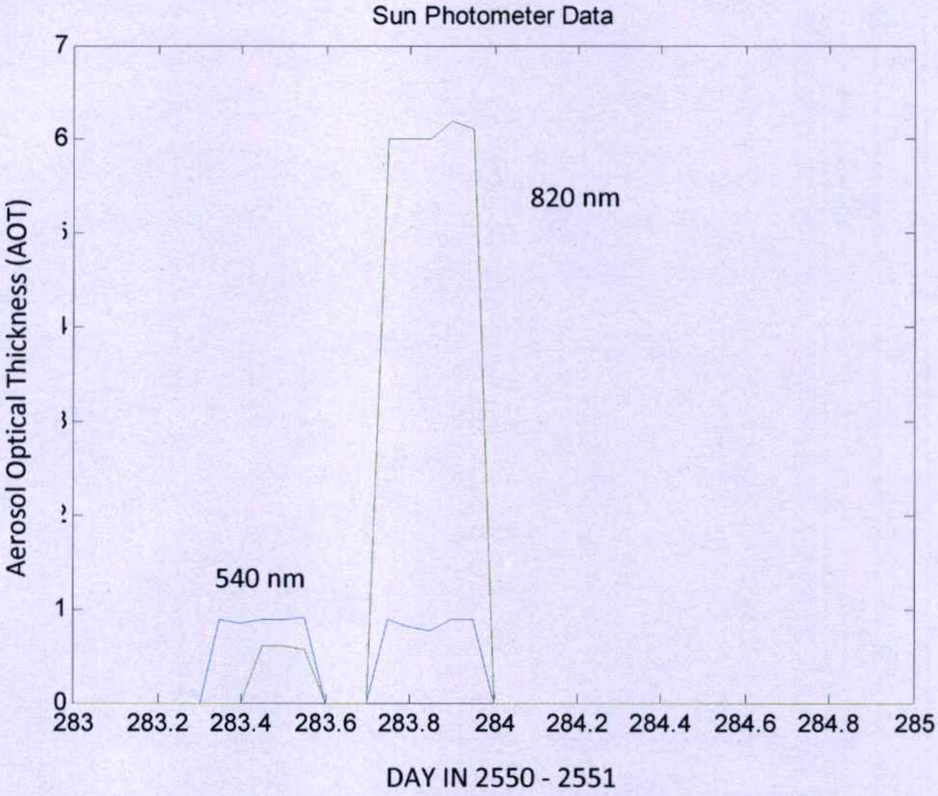
ในเดือนเมษายนได้มีการจัดการกับการจราจรทางอากาศใหม่ให้มีระยะเวลาในการปล่อยให้ฝุ่นละอองในอากาศมีการระบายหรือไหลเวียนได้ดีขึ้น ผลที่ได้จะเห็นได้ว่ามีอัตราการเพิ่มของการกระเจิงน้อยมากจากเดิม จากเหตุผลและรูปกราฟที่ 4.2 เป็นผลที่เห็นได้ในระดับหนึ่งว่ามีอัตราการเพิ่มของปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

4.2.2 ข้อมูลปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (AOT)

รูปที่ 4.3 แสดงหนึ่งในเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่สถานที่ทำวิจัย

เพื่อทำการศึกษาว่าฝุ่นละอองหรือวัตถุที่ลอยอยู่ในอากาศที่อัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละเดือน มีขนาดและอัตราการเพิ่มในรูปแบบใด และเป็นการยืนยันว่าเลเซอร์ที่ทำการยิงมีค่าความเป็นไปได้จริงจึงได้นำ ผลการทดลองจากเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่ติดตั้งเอาไวทั้ง 9 จุดมาทำการวิเคราะห์ร่วม โดยเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศที่ทำการติดตั้งไว้ทั้ง 9 จุด จะทำงานเป็นเครือข่าย โดยเครื่องทั้ง 9 จะถูกติดตั้งบริเวณใต้เส้นทางการจราจรทางอากาศ และบริเวณโดยรอบสนามบินที่ทำงานวิจัย โดยตัวเครื่องจะทำการเก็บข้อมูลทุกหนึ่งชั่วโมง และข้อมูลของตัวเครื่องทั้งหมดที่ได้จะถูกส่งผ่านระบบเครือข่ายไร้สายของบริษัทเอกชน ซึ่งใช้ช่องสัญญาณภายในในการส่งข้อมูลมาตั้งสถานีหลักซึ่งจะมีระบบประมวลผล

ทำงานอยู่ตลอดเวลา ทำการรวบรวมข้อมูล มาหาค่าเฉลี่ยและประมวลผลที่ได้เป็นค่า ความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ (AOT) ซึ่งเป็นค่าสากลที่ใช้กันในการสำรวจค่าความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ ค่าสุดท้ายที่ได้ก็จะเป็นค่าปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศของสถานที่ทำวิจัย หรือสนามบิน



รูปที่ 4.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างวันในการทำวิจัยกับค่าปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ(AOT)

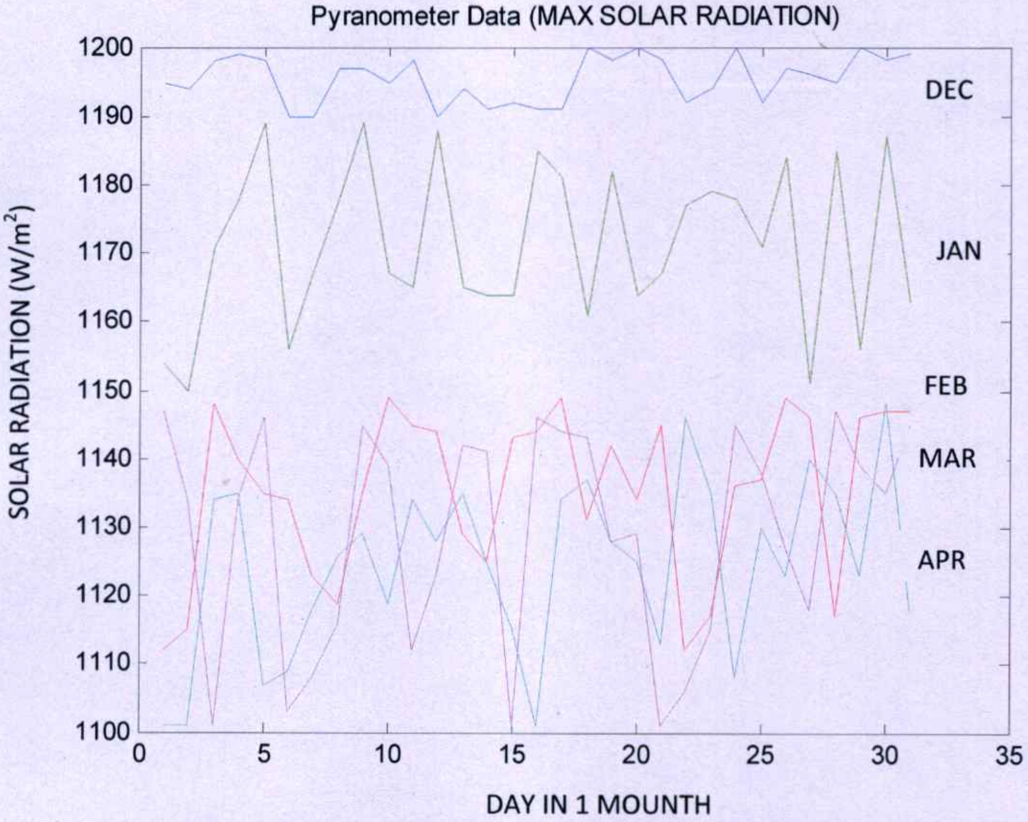
จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟที่ได้จากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสุดท้ายที่ทำการเฉลี่ยและปรับค่าเป็นค่าปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ เห็นได้ว่ารูปกราฟจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ในส่วนแรกจะมีค่าเฉลี่ยของค่าความหนาของฝุ่นละอองในอากาศประมาณ 1 ซึ่งถือว่าสภาพอากาศไม่มีความหนาของฝุ่นละอองในอากาศมากนัก ต่อมาในส่วนหลังเป็นระยะเวลาประมาณหนึ่งเดือนต่อมาจะเห็นได้มามีการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดคือค่าปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศในความยาวคลื่น 820 nm ขึ้นสูงมากรวมกับค่าการกระเจิงทางแสงของฝุ่นละอองในอากาศ ในรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า พบว่าฝุ่นละอองที่มีการกระจายอยู่มีขนาดใหญ่ และมีอัตราการกระจายที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในระหว่างทำงานวิจัย ได้มีการเก็บตัวอย่างของอากาศในพื้นที่ทำวิจัยโดยใช้เครื่อง PM-10 ในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำไปวิเคราะห์หาลักษณะของฝุ่นละอองในอากาศปรากฏว่า เป็นสารเคมีที่มีโครงสร้างคล้ายกับเชื้อเพลิงของเครื่องบิน และจากข้อมูลโดยเฉลี่ยของเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศแต่ละที่ สามารถเห็นได้ว่าฝุ่นละอองที่

ปรากฏมีการฝุ่งกระจายอยู่เฉพาะบริเวณ สนามบินและชุมชน ใกล้เคียงเท่านั้นและลักษณะการกระจายตัวของฝุ่นละอองในอากาศยังเป็นเหมือนกับโดมที่ครอบสนามบินและชุมชนใกล้เคียงไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง

4.2.3 ข้อมูลปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์

รูปที่ 4.5 แสดงเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในพื้นที่ทำวิจัย

รูปที่ 4.5 เป็นการแสดงการติดตั้งเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ขณะที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ทำวิจัยโดยตัวเครื่องจะติดตั้งและส่งข้อมูลผ่านเครื่องส่งข้อมูลไร้สาย และส่งข้อมูลที่ได้มาไปยังคอมพิวเตอร์ประมวลผลส่วนกลางเช่นเดียวกับเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ โดยตัวเครื่องจะอาศัยแหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์และแสงที่เดินทางมาจะผ่านการกระเจิงและฝุ่นละอองในอากาศมายังตัวเครื่อง ดังนั้นถ้าในกรณีที่มีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศมากตัวเครื่องก็จะรับค่าได้น้อย ตัวเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัย เป็นตัวเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีการสอบเทียบทางมาตรฐานเป็นที่เรียบร้อย และมีรูปแบบการทำงานก็คือ จะมีการเก็บข้อมูลทุกหนึ่งชั่วโมง และทุกวันเป็นระยะเวลา 5 เดือนโดยเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม 2550 ถึง 30 เมษายน 2551 เมื่อข้อมูลถูกเก็บ ข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายไร้สายเช่นเดียวกับเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนกลางเพื่อทำการประมวลผลและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรูปกราฟที่ 4.4

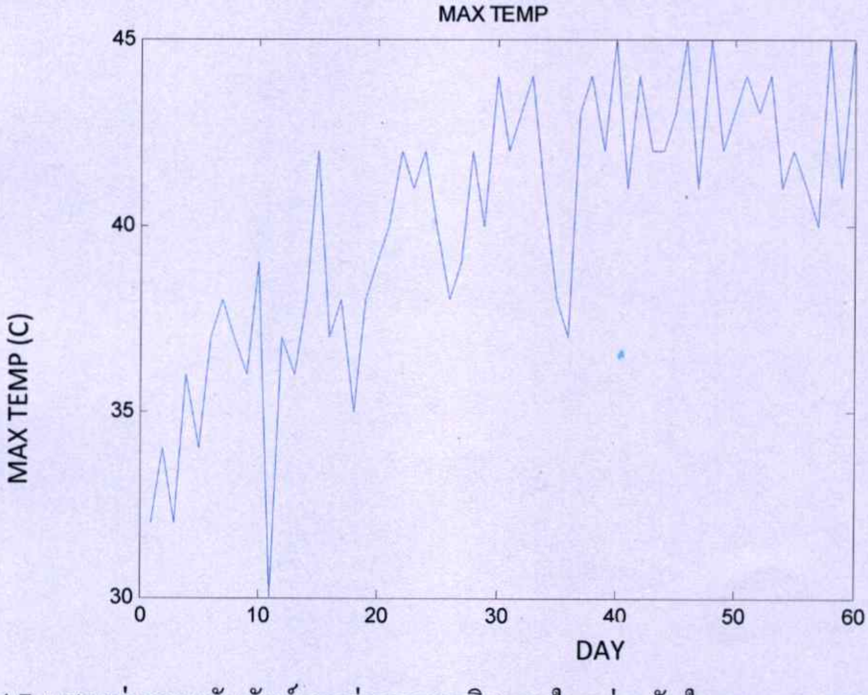


รูปที่ 4.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์กับวันในหนึ่งเดือนเป็นระยะเวลา 5 เดือน

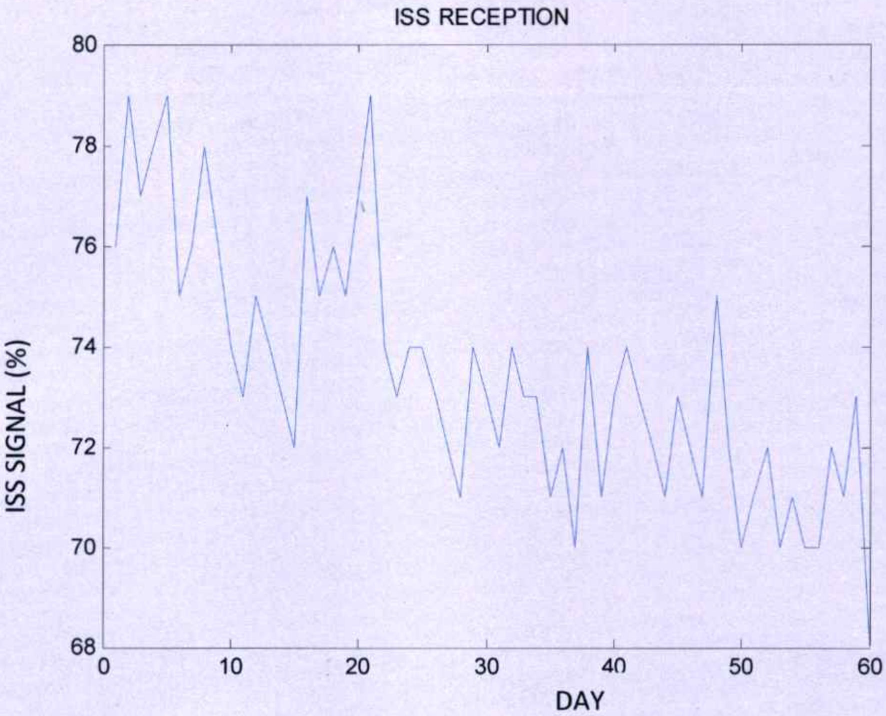
จากรูปที่ 4.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าค่าปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2550 ถึง เดือน เมษายน 2551 เป็นระยะเวลา 5 เดือน โดยจากรูปกราฟจะเห็นว่าในระยะแรกยังมีอัตราความเข้มของแสงอาทิตย์อยู่ในระดับที่สูงในหนึ่งเดือนต่อมามีอัตราการลดลงของค่าความเข้มของแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่อง รวมกับข้อมูลจากเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ และเลเซอร์สำหรับวัดอัตราการกระเจิงของฝุ่นละอองในอากาศ เป็นการยืนยันได้ว่าในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ หรือ ในบริเวณพื้นที่ทำวิจัย มีอัตราการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมในเชิงลบอยู่ในระดับหนึ่ง โดยสังเกตได้จากกราฟที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า อัตราความเข้มแสงของแต่ละเดือนมีการลดลงไปอ่างเห็นได้ชัด ซึ่งอัตราการลดลงของปริมาณความเข้มแสง จะมีค่าลดลงประมาณเดือน มีนาคม ถึง เมษายน ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมไปในระดับหนึ่งแล้ว

4.2.4 ข้อมูลทางด้านอุณหภูมิ และความเข้มของสัญญาณ

หลังจากที่ทำงานวิจัยใช้เวลาไปในระดับหนึ่งแล้ว ได้มีการติดต่อขอความร่วมมือจากบริษัทเอกชน เพื่อที่จะขอร่วมทำงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเช่นกันโดยทางบริษัทประสบปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณที่จ่ายออกไปมีความผิดปกติจากรูปแบบการส่งในแบบปกติ จึงทำการคาดเดาว่าน่าจะเป็นผลกระทบในเชิงอุณหภูมิ เพราะ ในพื้นที่ทำวิจัยมีแค่ตัวแปรเดี่ยวที่แตกต่างจากพื้นที่ให้สัญญาณอื่น ๆ ทางบริษัทจึงได้ลงทุนในการเปิดสถานีทวนสัญญาณให้ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยในงานวิจัย จะเป็นการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อค่าความเข้มของสัญญาณโทรศัพท์มือถือในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ โดยทำการเชื่อมต่อระบบของอุปกรณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นเครื่องวัดปริมาณความหนาของฝุ่นละอองในอากาศ และเครือข่ายของเครื่องวัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ เข้าไปกับระบบของสถานีทวนสัญญาณ โดยทำการเพิ่มหัววัดอุณหภูมิเข้าไปกับเครือข่าย เพื่อใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ เป็นข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยเช่นกัน



รูปที่ 4.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันในระยะเวลาสองเดือนสุดท้าย



รูปที่ 4.8 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าค่าความเข้มของสัญญาณมือถือในระยะเวลาสองเดือน

จากรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวัน กับค่าความเข้มของสัญญาณโทรศัพท์ไร้สาย ในงานวิจัยในส่วนนี้จะทำการโยงเครือข่ายของเครื่องมือทั้งหมดเข้ากับสถานีทวนสัญญาณที่มีการติดตั้งอุปกรณ์วิเคราะห์สัญญาณ (network analyzer) ภายในตัวสถานี พร้อมทั้งติดตั้งหัววัดอุณหภูมิไปยังบริเวณจุดที่ทำการติดตั้งเครื่องมือเอาไว้ในขั้นต้นแล้ว โดยระบบจะทำการบันทึกค่าทุก ๆ หนึ่งชั่วโมง ทุกวันเป็นเวลาประมาณ 2 เดือน เมื่อค่าที่บันทึกได้ในแต่ละวันระบบจะทำการเลือกค่าสูงสุดของอุณหภูมิในแต่ละวัน และค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มสัญญาณที่ได้จากการนำค่าที่รับได้ทั้งวันมาทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วทำการคำนวณค่าเป็นเปอร์เซ็นในทุกวัน จากรูปที่ 4.7 เป็นรูปกราฟที่แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อพิจารณารูปที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงค่าความเข้มของสัญญาณมือถือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่แสดงออกมาจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน จึงสามารถสรุปในขั้นต้นได้ว่า อุณหภูมิน่าจะมีผลต่อค่าความเข้มของสัญญาณมือถือได้ในระดับหนึ่ง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลงานวิจัยทั้งหมดสามารถที่จะสรุปผลงานวิจัยเพื่อที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในการทำวิจัยได้ว่า ในส่วนของการออกแบบและสร้างเครื่องมือ และเครือข่ายเพื่อใช้เองในงานวิจัยมีความสำเร็จเป็นอย่างดีและเป็นการพิสูจน์ว่าในบางชิ้นส่วนของเครื่องมือที่มีความจำเพาะที่ต้องใช้ชิ้นส่วนจำเพาะนั้น ไม่มีความจำเป็นเสมอไป และเครื่องมือส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาตั้งแต่การทดลองใช้งานและไม่มีปัญหาทั้งในการนำไปสอบเทียบเพื่อให้ได้มาตรฐาน สามารถที่จะทำงาน และเก็บผลทางด้านสิ่งแวดล้อมได้เทียบเท่ากับเครื่องแบบมาตรฐานทั่ว ๆ ไป ทั้งยังมีศักยภาพในการส่งรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล เป็นเครือข่ายโดยมีศูนย์กลางเพียงจุดเดียว ซึ่งง่ายต่อการควบคุมและดูแลรักษาได้ในระดับหนึ่ง

สำหรับในส่วนของการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์หาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ ซึ่งเป็นพื้นที่ทำวิจัย ดังที่ได้ตั้งข้อสันนิฐานเอาไว้ว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิ อันเนื่องมาจากการจราจรทางอากาศนั้น จากผลการเก็บข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสามารถที่จะสรุปได้ว่า ในพื้นที่ที่ทำงานวิจันนั้นมีการปกคลุมของฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาดใหญ่ และมีอัตราการปกคลุมมากขึ้นทุกเดือน เป็นเหมือนกับการสร้างโดม หรือ ร่มฝุ่นขนาดใหญ่บริเวณสถานที่ทำวิจัยและชุมชนใกล้เคียง โดยจากการศึกษาเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ และมีคุณสมบัติทางเคมี เป็นเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากซึ่งนั้นก็คือเครื่องบิน และได้หาแนวทางการแก้ปัญหาในขั้นต้นโดยการเว้นระยะการนำเครื่องขึ้น และ ลงจอดให้มีระยะห่างกันมากกว่าเดิมในระยะหนึ่งเพื่อที่จะได้ไม่เป็นการสร้างเพดานฝุ่นละอองจนมากจนเกินไป จากนั้นก็ได้ทำวิจัยหาผลกระทบกับการสื่อสารภายในสนามบินปรากฏว่า มีผลกระทบอย่างเด่นชัด และสามารถเห็นได้ชัด เป็นผลสืบเนื่องให้มีการปรับปรุงรูปแบบการกระจายสัญญาณและรูปแบบการติดตั้ง และออกแบบสถานีทวนสัญญาณต่อไป

บรรณานุกรม

[1] Acher, A.J., Elgavish, A. 1980. The effect of photochemical treatment of water on algal growth. Water Resources, 14, 539-543.

[2] Abshire, R.L., Dunton, H. 1981. Resistance of selected strains of *Pseudornonas aeroginosa* to low-intensity ultraviolet radiation. Applied and Environmental Microbiology,

[3] Acher, A.J. 1985. Sunlight photooxidation of organic pollutants in wastewater. Water Science andTechnology, 17, 623-632.

[4] Acher, A.J., Juven, B.J. 1977. Destruction of coliforms in water and sewage water by dye sensitized photooxidation. Applied and Environmental Microbiology, 33, 1019-1022.

[5] Antopol, S.C., Elner, P.A. 1979. Susceptibility of *Legionella pneurnophila* to ultraviolet radiation. Applied and Environmental Microbiology, 38, 347-348.

[6] United Nations Framework Convention on Climate Change, Article I. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved on 2007-01-15.

[7] Berger, A (2005-12-10). "On the origin of the 100-kyr cycles in the astronomical forcing". *Paleoceanography* 20 (4). PA4019. Retrieved on 2007-11-05.

[8] Genthon, C (1987-10-01). "Vostok Ice Core - Climatic response to CO_2 and orbital forcing changes over the last climatic cycle". *Nature* 329 (6138): 414–418.

[9] Alley, Richard B.; *et al.* (January 2002). "A northern lead in the orbital band: north-south phasing of Ice-Age events". *Quaternary Science Reviews* 21 (1-3): 431–441. Retrieved on 2007-11-05.

ภาคผนวก

An Aerosol Optical Thickness Investigation and the Effects of the Mobile Telephone Link in the Suvarnabphumi Airport

K. Udomwech, P.P. Yupapin and S. Pipatsat

Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics, Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
E-mail:kypreech@kmitl.ac.th

Abstract

This paper presents an investigation of the aerosol optical thickness effects with telecommunication signal in the Suvarnabphumi airport area. A pyranometers are employed to collect the solar radiation in the period of one month in the proposed area. The change in the aerosol optical thickness with temperature has been investigated, where the change in mobile telephone transmission signal has seen when the surrounded temperature area increased. The relationship between the solar radiation and optical thickness is discussed. The increasing in aerosol optical thickness due to the heavy aircraft traffic is affected to optical thickness, which is discussed.

Keywords: Aerosol science, environmental policy, environmental management, solar radiation, aerosol optical thickness,

1. INTRODUCTION

Global temperatures on both land and sea have increased by 0.75 °C (1.35 °F) relative to the period 1860–1900, according to the instrumental temperature record. This measured temperature increase is not significantly affected by the urban heat island effect. Since 1979, land temperatures have increased about twice as fast as ocean temperatures (0.25 °C per decade against 0.13 °C per decade). Temperatures in the lower troposphere have increased between 0.12 and 0.22 °C (0.22 and 0.4 °F) per decade since 1979, according to satellite temperature measurements. Temperature is believed to have been relatively stable over the one or two thousand years before 1850, with possibly regional fluctuations such as the Medieval Warm Period or the Little Ice Age.

Anthropogenic emissions of other pollutants—notably sulfate aerosols—can exert a cooling effect by increasing the reflection of incoming sunlight. This partially accounts for the cooling seen in the temperature record in the middle of the twentieth century, though the cooling may also be due in part to natural variability. James Hansen and colleagues have proposed that the effects of the products of fossil fuel combustion—CO_2 and aerosols—have largely offset one another, so that warming in recent decades has been driven mainly by non-CO_2 greenhouse gases.

Pale climatologist (William Ruddiman) has argued that human influence on the global climate began around 8,000 years ago with the start of forest clearing to provide land for agriculture and 5,000 years ago with the start of Asian rice irrigation. Ruddiman's interpretation of the historical record, with respect to the methane data, has been disputed.

Global warming is the increase in the average temperature of the Earth's near-surface air and oceans in recent decades and its projected continuation. The global average air temperature near the Earth's surface raised 0.74 ± 0.18 °C (1.33 ± 0.32 °F) during the 100 years ending in 2005. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) concludes "most of the observed increase in globally averaged temperatures since the mid-20th century is very likely due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations" via the greenhouse effect. Natural phenomena such as solar variation combined with volcanoes probably had a small warming effect from pre-industrial times to 1950 and a small cooling effect from 1950 onward. These basic conclusions have been endorsed by at least 30 scientific societies and academies of science, including all of the national academies of

science of the major industrialized countries. While individual scientists have voiced disagreement with some findings of the IPCC, the overwhelming majority of scientists working on climate change agree with the IPCC's main conclusions.

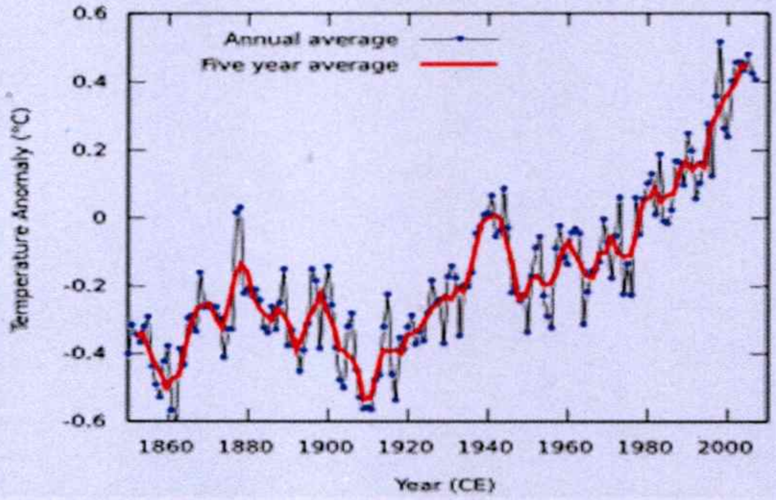


Figure. 1. Shows global mean surface temperature anomaly 1850 to 2007 relative to 1961–1990[6].

Increasing global temperature will cause sea level to rise, and is expected to increase the intensity of extreme weather events and to change the amount and pattern of precipitation. Other effects of global warming include changes in agricultural yields, trade routes, glacier retreat, species extinctions and increases in the ranges of disease vectors. Remaining scientific uncertainties include the amount of warming expected in the future, and how warming and related changes will vary from region to region around the globe. Most national governments have signed and ratified the Kyoto Protocol aimed at reducing greenhouse gas emissions, but there is ongoing political and public debate worldwide regarding what, if any, action should be taken to reduce or reverse future warming or to adapt to its expected consequences.

Global warming has become the popular subject of the present investigation around the world [6] There are number of concerning parameters such as hydrology, soil, land cover, marine and atmosphere included in the investigation. Atmosphere is one of them that it is very interesting subject of investigation. Because of it is easy to change and involved in many environmental changes, for examples, air quality, moisture, raining, temperature, i.e. climate change, and communication. At present, the problem of global warming has become broader which is involved in many aspects from local problem to international societies, for instance. There are some research works have been investigated and reported the effects of aerosols [7] and solar radiation [8] to global changes.

In this paper, we have investigated the affect of solar radiation to the mobile phone signal transmission quality. The relationship of the increasing in temperature and solar radiation is the principal investigated. The experimental setup was employed at the mobile telephone repeater station in the airport area. The pyranometer was set at the top of station at AOT (Airport Authority of Thailand). We found that the increasing in transmission loss is occurred when the optical thickness is in the high level, where the solar radiation is decreased. Similarly, we also found that the mobile telephone transmission signal is decreased when the temperature gradient is rapidly changed.

2. MATERIALS AND METHODS

Radio waves are electromagnetic waves occurring on the radio frequency portion of the electromagnetic spectrum. A common use is to transport information through the atmosphere or outer space without wires. Radio waves are distinguished from other kinds of electromagnetic waves by their wavelength, a relatively long wavelength in the electromagnetic spectrum. Fig. 2 shows the diagram of the electric (E) and magnetic (H) fields of radio waves emanating from a radio transmitting antenna (small dark vertical line in the center). The E and H fields are perpendicular as implied by the phase diagram in the lower right.

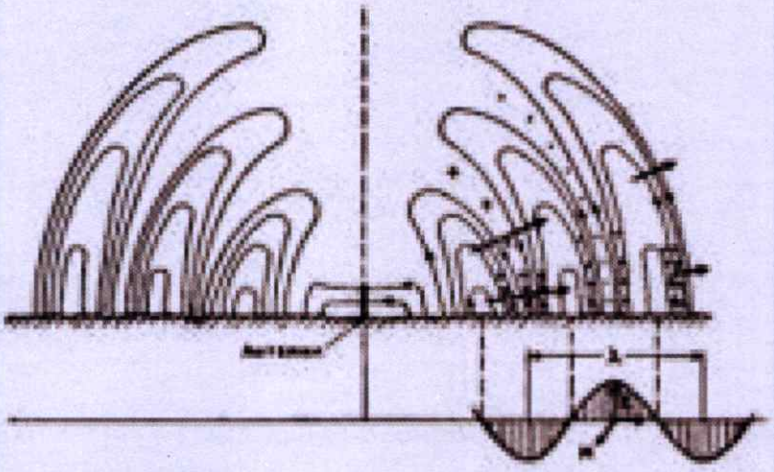


Figure. 2. Shows the schematic of the mobile telephone signal propagation profile [9].

Propagation is a term that describes the travel of electromagnetic waves, there being three main modes of propagation. The first is a straight line travel: the manner that radio waves travel through deep space (ignoring the slight deviations caused by gravity under the theory of relativity). A second way is skip, which is bouncing between the surface of the earth and the ionosphere. Frequencies between 3 MHz and 30 MHz are most reliable for this kind of propagation, called High Frequency (see image at left). The third way is to hug the surface of the earth as it curves around. Radio waves of very low frequency most often travel this way.

Radio signals can also enter two ionosphere layers of differing electron densities and duct between them. The image at the right illustrates this. Two radio signals of differing elevation angles are broadcast into the ionosphere, where they split into ordinary (red) and extraordinary (green) components. In this example, the ordinary component began ducting between the E and F ionosphere regions.

Although this mode of radio wave propagation is less common than the skip mode, it is nonetheless an important mode because it permits radio signals to travel significant distances with little attenuation.

Climate models use quantitative methods to simulate the interactions of the atmosphere, oceans, land surface, and ice. They are used for a variety of purposes from study of the dynamics of the weather and climate system to projections of future climate. All climate models balance, or very nearly balance, incoming energy as short wave electromagnetic radiation (which in this context means visible and ultraviolet, not to be confused with shortwave) to the earth with outgoing energy as long wave (infrared) electromagnetic radiation from the earth. Any imbalance results in a change in the average temperature of the earth. The most talked-about models of recent years have been those relating temperature to emissions of carbon dioxide (see greenhouse gas). These models

project an upward trend in the surface temperature record, as well as a more rapid increase in temperature at higher altitudes.

Assume we use the Zero-dimensional models, which is given by

$$(1 - a)S\pi r^2 = 4\pi r^2 \varepsilon\sigma T^4 \quad (1)$$

Where the left hand side represents the incoming energy from the Sun the right hand side represents the outgoing energy from the Earth, calculated from the Stefan-Boltzmann law assuming a constant radioactive temperature, T, that is to be found, And S is the solar constant - the incoming solar radiation per unit area - about 1367 $W{\cdot}m^{-2}$, a is the Earth's average albino, measured to be 0.3, r is Earth's radius — approximately 6.371×10^6m, π is well known, approximately 3.14159, σ is the Stefan-Boltzmann constant — approximately 5.67×10^{-8} $J{\cdot}K^{-4}{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$, ε is the effective emissivity of earth, about 0.612

The constant πr^2 can be factored out, giving

$$(1 - a)S = 4\varepsilon\sigma T^4 \quad (2)$$

This yields an average earth temperature of 288 K. This is because the above equation represents the effective *radioactive* temperature of the Earth (including the clouds and atmosphere). The use of effective emissivity accounts for the effect. This very simple model is quite instructive, and the only model that could fit on a page. For example, it easily determines the effect on average earth temperature of changes in solar constant or change of albino or effective earth emissivity. Using the simple formula, the percent change of the average amount of each parameter, considered independently, to cause a one degree Celsius change in steady-state average earth temperature is as follows Solar constant 1.4% Aledo 3.3% Effective emissivity 1.4%

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

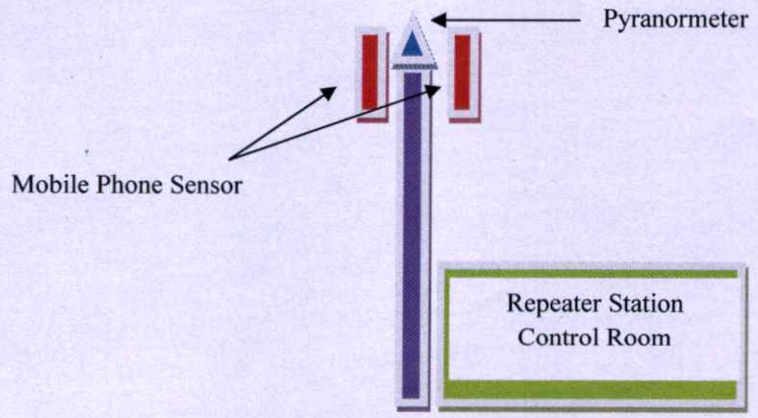


Figure 3: A schematic diagram of a repeater station.

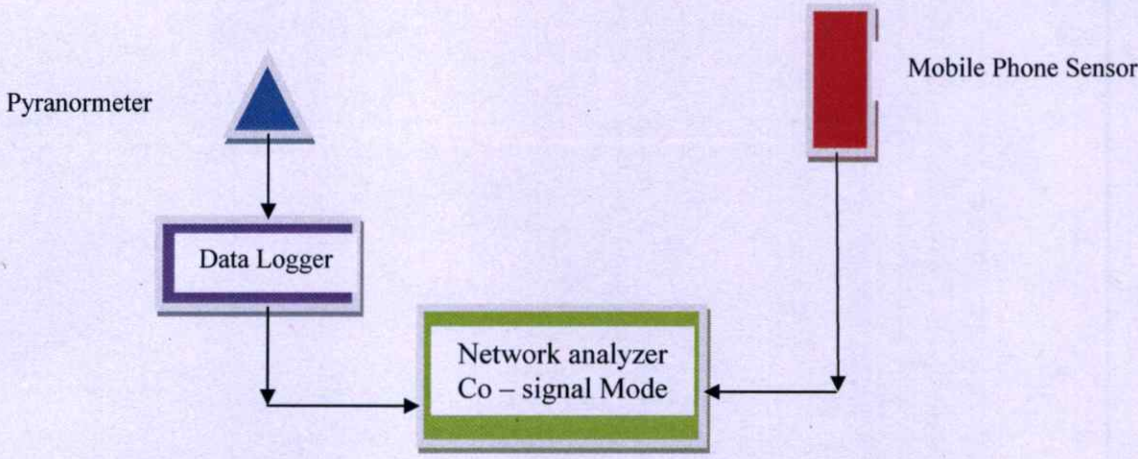


Figure. 4. A schematic of the experimental setup.

The measurement was operated at the mobile telephone repeater station as shown in the schematic diagram in Fig. 3. The telephone signal and solar radiation sensors are installed on top of the repeater station. The repeater station is the property of the Advanced Information Service (AIS) in Suvarnabphumi airport. The telephone signal is detected then analyzed by the network analyzer as shown in Fig 4. Similarly, the solar radiation is collected by the data logger from the pyranometer as shown in the same figure. Notice that both signals are analyzed simultaneously by the network analyzer. This research is a collaborated project between AIS and King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL), Thailand. Results have been allowed by AIS to present to the public media. The data was collected and analyzed in every 1 min and plotted as shown in Fig. 5. Results obtained have shown that the relationship between mobile phone signal and solar radiation in one month has shown the small change due to effects of aerosol and temperature. For simplicity, the mobile phone signal was set at the high level during the experiment. Yellow line [A] presents the maximum solar radiation value of solar radiation, which means this day having the minimum airline traffic. When the maximum airline traffic, the solar radiation obtained is 650 W/m^2 [10, 11, 12] which is safe for human near the airport. Blue line [B] is the mobile phone signal intensity which is associated within the same direction of the solar radiation intensity. For instance, the maximum solar radiation is provided the maximum mobile telephone signal transmission.

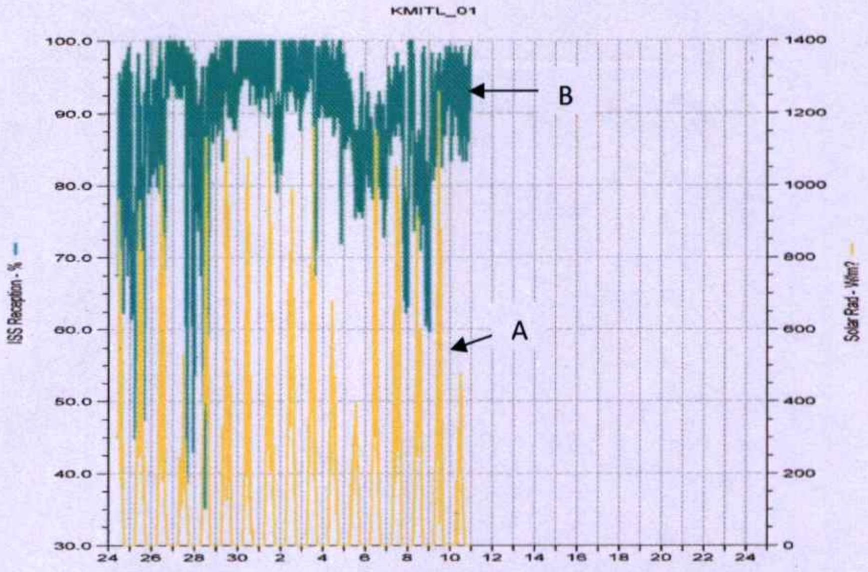


Figure. 5. Plot of the mobile phone signal and solar radiation with 2 weeks period. A – Maximum solar radiation, B – Maximum mobile phone signal

4. CONCLUSION

The measurement relationship between the solar radiation and mobile phone signal intensity in the Suvarnabphumi airport has been reported. The measurement was operated in the period of one month in the good condition, which mean the measurement was operated under clear sky condition. Results obtained have shown that the increasing aerosol optical thickness is affected to the mobile telephone transmission, which caused small changed with the current temperature and aerosol level.

5. ACKNOWLEDGAMENTS

The authors would like to acknowledge to the Airport Authority of Thailand (AOT) for the supporting the use of their meteorological station and equipments.

REFERENCES

[1] Acher, A.J., Elgavish, A. 1980. The effect of photochemical treatment of water on algal growth. Water Resources, 14, 539-543.

[2] Abshire, R.L., Dunton, H. 1981. Resistance of selected strains of *Pseudornonas aeroginosa* to low-intensity ultraviolet radiation. Applied and Environmental Microbiology, 41, 1419-1423.

[3] Acher, A.J. 1985. Sunlight photooxidation of organic pollutants in wastewater. Water Science andTechnology, 17, 623-632.

[4] Acher, A.J., Juven, B.J. 1977. Destruction of coliforms in water and sewage water by dye-sensitized photooxidation. Applied and Environmental Microbiology, 33, 1019-1022.

[5] Antopol, S.C., Elner, P.A. 1979. Susceptibility of *Legionella pneurnophila* to ultraviolet radiation. Applied and Environmental Microbiology, 38, 347-348.

[6] United Nations Framework Convention on Climate Change, Article I. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved on 2007-01-15.

[7] Berger, A (2005-12-10). "On the origin of the 100-kyr cycles in the astronomical forcing". *Paleoceanography* 20 (4). PA4019. Retrieved on 2007-11-05.

[8] Genthon, C (1987-10-01). "Vostok Ice Core - Climatic response to CO_2 and orbital forcing changes over the last climatic cycle". *Nature* 329 (6138): 414–418. Retrieved on 2007-11-05.

[9] Alley, Richard B.; *et al.* (January 2002). "A northern lead in the orbital band: north-south phasing of Ice-Age events". *Quaternary Science Reviews* 21 (1-3): 431–441. Retrieved on 2007-11-05.

[10] Robock, Alan, and Clive Oppenheimer, Eds., 2003: Volcanism and the Earth's Atmosphere, Geophysical Monograph 139, American Geophysical Union, Washington, DC, 360 pp.

[11] Joint science academies' statement: The science of climate change (ASP). Royal Society (2001-05-17). Retrieved on 2007-04-01. "The work of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) represents the consensus of the international scientific community on climate change science"

[12] (2007-10-18) "Rising to the climate challenge". *Nature* 449 (7164). Retrieved on 2007-11-06.

[13] Svensmark, Henrik (February 2007). "Cosmoclimatology: a new theory emerges". *Astronomy & Geophysics* 48 (1): 18-24. doi:10.1111/j.1468-4004.2007.48118.x.

ประวัติผู้เขียน

นาย กฤษฎา อุดมเวช เกิดวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ.2527 ที่โรงพยาบาลนครนายก สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (กรุงเทพมหานคร) หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2549