

การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์และแผนผังการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทย



นางสาววิลา แต้เตย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต

ภาควิชาสถิติ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-808-5

007830

i 1556891x

THE DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR SOLAR RADIATION ANALYSIS
AND A SOLAR RADIATION MAP FOR THAILAND

Miss Visa Sae Tia

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Statistics

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์หัตถ์สำนักงานแจ้งอาชญากรรมและแผนผังการแม่รังสี
ตรวจอาชญากรรมของประเทศไทย

โดย

นางสาววิลา แซ่เตีย

ภาควิชา

สถิติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กฤษณพงศ์ กีรติกร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... *[Signature]* คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บูณนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *[Signature]* ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุชัชวาท กิระนันท์)

..... *[Signature]* กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มณฑา พิ้ววิไล)

..... *[Signature]* กรรมการ
(ดร. โอฬาร รัตนปราการ)

..... *[Signature]* กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร)

..... *[Signature]* กรรมการ
(ดร. กฤษณพงศ์ กีรติกร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์และแผนที่การแผ่รังสี
ดวงอาทิตย์ของประเทศไทย

ชื่อ นิสิต นางสาว วิลา แชน์เตีย

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. กฤษณพงศ์ กีรติกร
รองคณบดี อาจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร

ภาควิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2526



บทคัดย่อ

ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่งในงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ ในประเทศไทยค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปจะเป็นค่าเฉลี่ยตลอดปีและค่าประมาณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทุก 1.5 เดือน ซึ่งเป็นค่าประมาณที่ได้จากการวิจัยของ R.H.B. Exell และ K. Saricali แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการหาค่าประมาณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ละเอียดยิ่งขึ้น คือ มีทุกเดือนตลอดปี โดยได้ใช้ข้อมูลรายวันในการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และความยาวนานแสงแดด เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการประมาณค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทย ค่าประมาณที่ได้จะนำไปใช้ในการสร้างแผนที่การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทย

วิธีที่ใช้ในการศึกษามี 2 วิธีคือ วิธีวิเคราะห์หาค่าสมการถดถอยเส้นโค้งและวิธีวิเคราะห์จำแนกประเภท วิธีแรกเป็นการวิเคราะห์หาค่าสมการถดถอยเส้นโค้ง ซึ่งเป็นวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยระหว่างค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และความยาวนานแสงแดดในแต่ละเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยา 7 แห่ง คือ สถานีแม่ก๊ก สถานีบ้านถม สถานีขอนแก่น สถานีบ้านละไม สถานีบ้านคลองม่วง สถานีหนองคาย และสถานีกรุงเทพมหานคร และทำการ interpolate และ extrapolate

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่หาได้ทั้ง 7 สถานี ซึ่งแปรไปตามเส้นรุ้ง เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสำหรับสถานีอุตุณิยมวิทยาต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยใช้รูปแบบการ interpolate และ extrapolate แบบเส้นตรง และแบบเส้นโค้งพาราโบลา จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าวจะสามารถประมาณค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากค่าความยาวนานแสงแดดจำนวน 33 สถานี เพื่อสร้างแผนผังการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยทุกเดือนตลอดปี

ผลของการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ค่าประมาณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศเป็นค่าที่เชื่อถือได้ เพราะเมื่อใช้รูปแบบทั้งสองประมาณค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของ 7 สถานีดังกล่าวข้างต้นจะมีค่าแตกต่างจากค่าที่วัดตรงเฉลี่ยตลอดปีไม่เกินร้อยละ 5 และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการประมาณค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทั้งสองรูปแบบแล้วได้ว่าค่าประมาณการแผ่รังสีที่ได้จากทั้งสองรูปแบบมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับวิธีวิเคราะห์ค่าแจกประเภท โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Mahalanobis distance เมื่อใช้ค่าความยาวนานแสงแดดเป็นตัวแปรอิสระ และแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มตามเส้นรุ้ง ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าสมการค่าแจกประเภทมีอำนาจในการแบ่งแยกกลุ่มได้ไม่มากนัก เพราะเมื่อนำสมการที่ได้ไปคาดคะเนความเป็นสมาชิกของกลุ่มแล้วมีความถูกต้องเพียงร้อยละ 40-50 เท่านั้น

ดังนั้น แผนผังการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทย ซึ่งแสดงค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณจากวิธีวิเคราะห์การถดถอยเส้นโค้ง จะให้ค่าที่น่าเชื่อถือได้ดี อนึ่งค่าประมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในแผนที่นั้นแสดงเฉพาะค่าที่ได้จากการ interpolate และ extrapolate ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยและเส้นรุ้ง โดยรูปแบบเส้นตรง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title The Development of Techniques for Solar Radiation
Analysis and A Solar Radiation Map for Thailand

Name Miss Visa Sae Tia

Thesis Advisor Krissanapong Kirtikara Ph.D.

Thesis Co-Advisor Associate Professor Sorachai Bhisalbutra, Ph.D.

Department Statistics

Academic Year 1983

ABSTRACT

Global solar radiation constitutes one of the most fundamental parameters in solar energy technology. The values of global solar radiation that are being used in Thailand are yearly average values and solar radiation values determined over regular intervals of 1.5 months by R.H.B. Exell and K. Saricali of the Asian Institute of Technology.

This thesis concerns the estimation of monthly average values of global solar radiation by developing models relating the relationship between the daily value of the solar radiation and sunshine hours for each meteorological station throughout Thailand. The estimated values obtained were employed in the preparation of a radiation map for Thailand.

Polynomial regression analysis and Discriminant analysis are the two techniques used. Polynomial regression analysis yielded regression coefficients relating the global solar radiation and

sunshine hours at 7 meteorological stations, namely; Mae Kok, Ban Thuam, Khon Kaen, Ban La Mai, Ban Khlong Muang, Nong Khai and Bangkok. The relationship between regression coefficients and the latitudes of 33 meteorological stations throughout Thailand was determined by interpolation and extrapolation using the established relationship of the 7 original stations. Linear and parabolic interpolation and extrapolation of the results from regression analysis were undertaken to provide estimated values of global solar radiation of the 33 meteorological stations once their sunshine hours data were available. A radiation map of Thailand was prepared from these estimated values.

When the estimated values of the global solar radiation of the 7 original stations were compared with the measured values the discrepancies arising from the two interpolation and extrapolation techniques were less than 5 percent averaging over one year. This shows that the estimated values are acceptable. Comparison of the values obtained from the two techniques showed that the corresponding radiation values do not differ at 0.05 level of significance.

With regard to the Discriminant analysis by Mahalanobis distance technique which sunshine hours values are independent variable and data are arranged into 3 groups by latitudes, it is surmised that the discriminant function cannot be used to classify radiation; the classification equation gave the predicted results such that percentage of known groups correctly classified was 40-50 percent.

It is concluded that the radiation maps of Thailand developed through this thesis work which incorporates estimated radiation values determined from sunshine hours values through the polynomial regression analysis are reasonably accurate. The radiation values shown in the

maps are those obtained from linear interpolation and extrapolation of regression coefficients and latitudes.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับความช่วยเหลือ ตลอดทั้งคำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของการเขียนวิทยานิพนธ์ จาก ดร. กฤษณพงศ์ กีรติกร และ รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร ผู้วิเศษขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณ ดร. โฉฟิร รัตนปราการ สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ที่กรุณาให้คำแนะนำคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์นี้และช่วยเหลือในการติดต่อขอข้อมูลเพื่อใช้ ทำการวิเคราะห์ และขอขอบคุณกองภูมิอากาศ (งานสถิติ) กรมอุตุนิยมวิทยา และฝ่ายสถิติ อุทกวิทยา สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อและช่วยเหลือในการให้คัดลอกข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาสถิติที่ได้สอนวิชาความรู้ต่าง ๆ แก่ผู้วิเศษ

วิลา แซ่เตย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ฅ
รายการตารางประกอบ	ญ
รายการแผนภาพประกอบ	ถ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 ทฤษฎีพื้นฐานการประเมินพลังงานแสงอาทิตย์	7
3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	19
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	95
ประวัติผู้เขียน	181



ศูนย์วิทยุโทรพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1. แสดงสถานี ที่ตั้ง เส้นรุ้ง เส้นแวงและช่วงเวลาที่เก็บรวบรวมข้อมูล ความยาวนานแสงแดด	5
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และ ความยาวนานแสงแดดรายเดือน จำแนกตามสถานีอุตุนิยมวิทยา	21
3. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และความยาว นานแสงแดดของสถานีแม่ก๊ก จังหวัด เชียงราย จำแนกรายเดือน	24
4. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์ และความยาว นานแสงแดดของสถานีบ้านถม จังหวัดอุดรธานี จำแนกรายเดือน	25
5. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และความยาว นานแสงแดดของสถานีขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น จำแนกรายเดือน	26
6. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และความยาว นานแสงแดดของสถานีบ้านละโม จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำแนกรายเดือน	27
7. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และความยาว นานแสงแดดของสถานีบ้านคลองม่วง จังหวัดกระบี่ จำแนกรายเดือน ..	28
8. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และความยาว นานแสงแดดของสถานีหนองคาย จังหวัดหนองคาย จำแนกรายเดือน ..	29
9. สัมการถดถอยเส้นโค้งระหว่างค่ารังสีดวงอาทิตย์และความยาว นานแสงแดดของสถานีกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา จำแนกรายเดือน	30
10. ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของ b และเส้นรุ้ง (N) จากการใช้ รูปแบบเส้นตรง จำแนกรายเดือน	33

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

11.	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของ b และเส้นรุ้ง (N) จากการใช้ รูปแบบเส้นโค้งพาราโบลา จำแนกรายเดือน	37
12.	ค่าประมาณของค่าโตเมนชันเฉลี่ยของการแผ่รังสีเฉลี่ยรายวัน ที่ประมาณจากทั้ง 2 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่าโตเมนชันเฉลี่ย การแผ่รังสีที่วัดได้เฉลี่ยรายวัน จำแนกตามรายเดือนและสถานี อุตุนิยมวิทยา	42
13.	ค่า t ที่คำนวณได้ของการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ รังสีที่ประมาณได้จาก 2 รูปแบบ จำแนกตามสถานีอุตุนิยมวิทยา	46
14.	ร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และ ค่าประมาณที่ได้จากรูปแบบการประมาณค่า 2 รูปแบบ จำแนกตาม สถานีอุตุนิยมวิทยา	48
15.	ค่าประมาณของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (แคลอรี่/ตารางเซนติเมตร-วัน) ที่ประมาณจาก 2 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่าการแผ่รังสีที่วัดจริงของ ปี พ.ศ. 2524 จำแนกรายเดือน	50
16.	ค่าโตเมนชันเฉลี่ยความยาวนานแสงแดดเฉลี่ยรายวันจำแนกตามรายเดือน และสถานีอุตุนิยมวิทยา	55
17.	ค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกเฉลี่ยรายวัน (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามรายเดือนและสถานี อุตุนิยมวิทยา	60
18.	ค่าประมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จากรูปแบบการประมาณค่ารูปแบบที่ 1 จำแนกตามรายเดือนและ สถานีอุตุนิยมวิทยา	65
19.	ค่าประมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จากรูปแบบการประมาณค่ารูปแบบที่ 2 จำแนกตามรายเดือนและ สถานีอุตุนิยมวิทยา	70

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

20.	ร้อยละของความถูกต้องจากโปรแกรมจำลองการจำแนกประเภทไป คาดคะเนความเป็นสมาชิกของกลุ่มของตัวอย่างทั้งหมด จำแนกรายเดือน	90
21.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด เชียงราย	98
22.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด เชียงใหม่	99
23.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด พิษณุโลก	100
24.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด นครสวรรค์	101
25.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ กรุงเทพมหานคร	102
26.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด เลย	103
27.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ... (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด นครพนม	104

28.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดลกลนคร	105
29.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดร้อยเอ็ด	106
30.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดขอนแก่น	107
31.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดอุบลราชธานี	108
32.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสุรินทร์	109
33.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	110
34.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสันทบุรี	111
35.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	112

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

36.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	113
37.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีสำนามบินภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต	114
38.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสงขลา	115
39.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดเพชรบูรณ์	116
40.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ เมืองพัทยา	117
41.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีแม่ก๊ก จังหวัดเชียงราย	118
42.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีบ้านถม จังหวัดอุดรธานี	119
43.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น	120

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

44.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถาบันบ้านละไม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	121
45.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถาบันบ้านคลองม่วง จังหวัดกระบี่	122
46.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีหนองคาย จังหวัดหนองคาย	123
47.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีฟาร์มสัมพันธ์กรีก จังหวัดเชียงราย	124
48.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีโรงเรียนเทศบาล จังหวัดพะเยา	125
49.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีหน่วยแม่พองด่านซ้าย จังหวัดพะเยา	126
50.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถาบันบ้านห้วยถ้ำ จังหวัดพะเยา	127
51.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถาบันบ้านแม่อาบ จังหวัดเชียงใหม่	128

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

52.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานี เชียงแสน จังหวัด เชียงราย	129
53.	แสดงค่าคำนวณของรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ... (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานี เชียงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่	130
54.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด เชียงราย	131
55.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด เชียงใหม่	132
56.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด พิษณุโลก	133
57.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด นครสวรรค์	134
58.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ กรุงเทพมหานคร	135
59.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด เลย	136
60.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด นครพนม	137
61.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด สกลนคร	138
62.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัด ร้อยเอ็ด	139

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

63.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดขอนแก่น	140
64.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดอุบลราชธานี	141
65.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสุรินทร์	142
66.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	143
67.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดจันทบุรี	144
68.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	145
69.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	146
70.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีสนามบินภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต	147
71.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดสงขลา	148
72.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ จังหวัดเพชรบูรณ์	149
73.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ เมืองพุกายา	150
74.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีแม่กก จังหวัดเชียงราย	151

ตารางที่ (ต่อ)

หน้า

75.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีบ้านถม จังหวัดอุดรธานี	152
76.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น	153
77.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีบ้านละไม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	154
78.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีบ้านคลองม่วง จังหวัดกระบี่	155
79.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีหนองคาย จังหวัดหนองคาย	156
80.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีฟาร์มสัมพันธ์ จังหวัดเชียงราย	157
81.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีโรงเรียนเทศบาล จังหวัดพะเยา	158
82.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีห้วยแม่พงษ์ด่านซ้าย จังหวัดพะเยา	159
83.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีบ้านห้วยถ้ำ จังหวัดพะเยา	160
84.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีบ้านแม่อาว จังหวัดเชียงใหม่	161
85.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของ สถานีเชียงแสน จังหวัดเชียงราย	162
86.	แสดงค่าความยาววัน (ชั่วโมง) จำแนกตามวันและเดือนของสถานี เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	163

รายการแผนภาพประกอบ

แผนภาพที่	หน้า
1. แผนภาพการแจกแจงสเปกตรอลของพลังงานแสงอาทิตย์	8
2. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนมกราคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	76
3. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนกุมภาพันธ์ (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	77
4. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนมีนาคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	78
5. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนเมษายน (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	79
6. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนพฤษภาคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	80
7. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนมิถุนายน (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน) ... 8	81
8. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนกรกฎาคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	82
9. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนสิงหาคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	83
10. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนกันยายน (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	84
11. แผนกการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนตุลาคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	85

แผนภาพที่ (ต่อ)

หน้า

12.	แผนที่การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนพฤศจิกายน (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	86
13.	แผนที่การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในเดือนธันวาคม (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	87
14.	แผนที่การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยเฉลี่ยตลอดปี (เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	88
15.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของจังหวัด เชียงราย	164
16.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของจังหวัด เชียงใหม่	164
17.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดพิษณุโลก	165
18.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดนครสวรรค์	165
19.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ กรุงเทพมหานคร	166
20.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดเลย	166
21.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดนครพนม	167
22.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดลพบุรี	167

แผนภาพที่ (ต่อ)

หน้า

23.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดร้อยเอ็ด	168
24.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดขอนแก่น	168
25.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดอุบลราชธานี	169
26.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดสุรินทร์	169
27.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	170
28.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดจันทบุรี	170
29.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	171
30.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	171
31.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีสนามบินภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต	172
32.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดสงขลา	172
33.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ จังหวัดเพชรบูรณ์	173
34.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ เมืองพุกยา	173

แผนภาพที่ (ต่อ)

หน้า

35.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีแม่ก๊ก จังหวัดเชียงราย	174
36.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีบ้านถม จังหวัดอุดรธานี	174
37.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น	175
38.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีบ้านละไม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	175
39.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีบ้านคลองม่วง จังหวัดกระบี่	176
40.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีหนองคาย จังหวัดหนองคาย	176
41.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีฟาร์มสัมพันธกิจ จังหวัดเชียงราย	177
42.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีโรงเรียนเทศบาล จังหวัดพะเยา	177
43.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีห้วยแม่พงษ์ด่านซ้าย จังหวัดพะเยา	178
44.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีบ้านห้วยถ้ำ จังหวัดพะเยา	178
45.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของ สถานีบ้านแม่อาบ จังหวัดเชียงใหม่	179

แผนภาพที่ (ต่อ)

หน้า

46.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของสถานี เชียงแสน จังหวัดเชียงราย	179
47.	แผนภาพการกระจายของค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประมาณได้ ในแต่ละเดือนของสถานี เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	180



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย