



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัด
ชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท (Assessment and Prediction
of Daily Average Solar Radiation in Chonburi with Neural
Network Model)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติการ สายธนู

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2559A10802118

สัญญาเลขที่ 80/2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท (Assessment and Prediction of Daily Average Solar Radiation in Chonburi with Neural Network Model)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติการ สายธนู
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กันยายน 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 80/2559

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 80/2559).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.กิตติการ สายธนู ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วย ตัวแบบข่ายงานระบบประสาท (Assessment and Prediction of Daily Average Solar Radiation in Chonburi with Neural Network Model) รหัสโครงการ 2559A10802118 / สัญญาเลขที่ 80/2559 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 220,000 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

การวัดตัวแปรที่มีประโยชน์หลาย ๆ ตัว ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความยาวนานของแสงแดด ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันไอ และรังสีแสงอาทิตย์ที่จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552 ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินค่าและสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน ผลการศึกษารูปแบบรังสีแสงอาทิตย์ของจังหวัดชลบุรีแสดงให้เห็นว่ารังสีแสงอาทิตย์และรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในฤดูร้อน (ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) รองลงมาเป็นฤดูฝน (ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) และฤดูหนาว (ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) เมื่อทำการรวมกลุ่มของวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มแล้ว จะสามารถจัดกลุ่มวันเหล่านี้ได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 (Cluster 1) เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดสั้น (ประมาณ 6 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1006 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 (Cluster 2) เป็นกลุ่มวันที่มีความยาวนานของแสงแดดแปรผันมาก (ระหว่าง 7-11 ชั่วโมง) จึงมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 34-37 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1007 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ 3 (Cluster 3) เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดมาก (ประมาณ 10 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 33 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1008 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบ MLP ที่ประกอบด้วยตัวแปรอินพุต 6 ตัว โหนดของชั้นซ่อนซึ่งมีอยู่เพียงชั้นเดียวจำนวน 5 โหนด และโหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด เป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีโดยพิจารณาได้จากรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบมีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: รังสีแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม ตัวแบบข่ายงานระบบประสาท

ผลลัพธ์ที่ได้และข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ตัวแปรในบรรยากาศที่มีอิทธิพลและมีผลกระทบต่อค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีซึ่งพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันคือ อุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature) ความยาวนานของแสงแดด (Sunshine duration) ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Sea-level pressure) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ Meza & Varas (2000) และ Trabea & Shaltout (2000)

2. ในการที่จะทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีได้อย่างถูกต้องและแม่นยำนั้น สามารถประยุกต์เพียงแค่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบ MLP ก็เพียงพอแล้วซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมที่ง่ายต่อการใช้งานของผู้ปฏิบัติการ นอกจากนี้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทยังช่วยลดค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องไพรานอมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งยังอาจใช้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเป็นเครื่องมือช่วยในการประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่บางแห่งที่ยังไม่มีสถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย

3. สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นตัวชี้แนะหรือข้อเสนอแนะในการพัฒนาตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อให้ได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ดีที่สุดสำหรับทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของข่ายงานระบบประสาท เช่น จำนวนชั้นซ่อน จำนวนโหนดของชั้นซ่อน หรือฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุท เป็นต้น

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทสำหรับจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยได้

5. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานทดแทนได้

บทคัดย่อภาษาไทย

การวัดตัวแปรที่มีประโยชน์หลาย ๆ ตัว ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความยาวนานของแสงแดด ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันไอ และรังสีแสงอาทิตย์ที่จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552 ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินค่าและสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน ผลการศึกษารูปแบบรังสีแสงอาทิตย์ของจังหวัดชลบุรีแสดงให้เห็นว่ารังสีแสงอาทิตย์และรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน (ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) รองลงมาเป็นฤดูฝน (ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) และฤดูหนาว (ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) เมื่อทำการรวมกลุ่มของวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มแล้ว จะสามารถจัดกลุ่มวันเหล่านี้ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (Cluster 1) เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดสั้น (ประมาณ 6 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1006 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 (Cluster 2) เป็นกลุ่มวันที่มีความยาวนานของแสงแดดแปรผันมาก (ระหว่าง 7–11 ชั่วโมง) จึงมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 34–37 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1007 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ 3 (Cluster 3) เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดมาก (ประมาณ 10 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 33 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1008 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบ MLP ที่ประกอบด้วยตัวแปรอินพุต 6 ตัว โหนดของชั้นซ่อนซึ่งมีอยู่เพียงชั้นเดียวจำนวน 5 โหนด และโหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด เป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีโดยพิจารณาได้จากกราฟของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบมีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: รังสีแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม ตัวแบบข่ายงานระบบประสาท

Abstract

Measurements of versatile variables; maximum temperature, minimum temperature, sunshine duration, sea-level pressure, relative humidity, pressure and solar radiation, at Chonburi, Thailand during 2005 to 2009 were used to assess and build the neural network model for predicting the daily average solar radiation. The study results of Chonburi's solar radiation pattern revealed the solar radiation and average solar radiation were highest in summer (mid February to mid May) successively in rainy season (mid May to mid October) and winter (mid October to mid February). The days of solar radiation potential were formed into 3 groups by cluster analysis. Cluster 1 represented roughly 6 hours for sunshine duration, 35 °C for maximum temperature, 1006 Pa for sea-level pressure and below 70% for relative humidity. Cluster 2 illustrated sunshine duration fluctuated 7 to 11 hours, maximum temperature ranged from 34 °C to 37 °C, 1007 Pa for sea-level pressure and approximately 70% for relative humidity. Cluster 3 expressed roughly 10 hours for sunshine duration, maximum temperature proximately 33 °C, 1008 Pa for sea-level pressure and above 70% for relative humidity. The simple neural network model, MLP, consisted of 6 input variables, 5 nodes in a hidden layer and 1 output node was the best performance in prediction of daily average solar radiation in Chonburi as considering from the minimum root mean square error of the validation data set.

Keywords: Solar Radiation, Cluster Analysis, Neural Network Model

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ	ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	7
2.1 คำอธิบายข้อมูล	7
2.2 การประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน	7
2.3 การทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน	8
2.4 การวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาท	9
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	10
3.1 ผลการประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน	10
3.2 ผลการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน	17
3.3 ผลการวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาท	20
บทที่ 4 บทสรุป	21
4.1 สรุปผลการวิจัย	21
4.2 อภิปรายผลการวิจัย	22
บทที่ 5 ผลผลิต	23
5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	23
5.2 การจดสิทธิบัตร	23
5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์	23
5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ	23

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

รายงานสรุปการเงิน	หน้า 24
บรรณานุกรม	25
ประวัตินักวิจัยและคณะ	27

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันและ p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในบรรยากาศทั้งหมด	10
2	ค่าของตัวแปรในบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉพาะวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์	15
3	สมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี	20

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพเดนโตแกรมของการแบ่งกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศ	11
2	แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2548	12
3	แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2549	12
4	แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2550	13
5	แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2551	13
6	แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2552	13
7	แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552	14
8	วันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์	15
9	แผนภาพเดนโตแกรมของการแบ่งกลุ่มที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์	16
10	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP6-3-1 และ RBF6-3-1	18
11	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP6-5-1 และ RBF6-5-1	18
12	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP4-3-1 และ RBF4-3-1	19
13	ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP4-5-1 และ RBF4-5-1	19

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

MaxTemp	อุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature)
MinTemp	อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum temperature)
MLP	มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multilayer perceptron)
Pressure	ความดันไอ (Pressure)
RBF	เรเดียลเบสฟังก์ชัน (Radial basis function)
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)
RMSE	รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error)
SD	ความยาวนานของแสงแดด (Sunshine duration)
SLP	ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Sea-level pressure)
SR	รังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

รังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation) คือรังสีที่แผ่มายังโลกในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยรังสีที่แผ่ออกมามีแถบความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. รังสีในช่วงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible radiation) เป็นรังสีที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 380–780 นาโนเมตร ได้แก่ แสงสีม่วง แสงสีคราม แสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว แสงสีเหลือง แสงสีแดง และแสงสีแดง

2. รังสีในช่วงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Invisible radiation) แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ รังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation) และรังสีในช่วงอินฟราเรด (Infrared radiation) โดยรังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ตจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100–400 นาโนเมตร ได้แก่ รังสี UVA รังสี UVB และรังสี UVC ส่วนรังสีในช่วงอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700–2,400 นาโนเมตร ได้แก่ คลื่นความร้อน และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

นอกจากนี้ยังอาจพิจารณาการแบ่งรังสีแสงอาทิตย์ตามลักษณะของรังสีแสงอาทิตย์ได้อีก โดยสามารถแบ่งรังสีแสงอาทิตย์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. รังสีแสงอาทิตย์ตรง (Direct radiation) เป็นรังสีแสงอาทิตย์ที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง มีทิศทางที่แน่นอนเมื่อตกกระทบบนผิววัตถุที่รับแสง โดยทิศทางของรังสีแสงอาทิตย์แบบนี้จะอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

2. รังสีแสงอาทิตย์กระจาย (Diffuse radiation) เป็นรังสีแสงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนและกระจาย โดยมีก๊าซฝุ่นละออง และวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบบนผิววัตถุที่รับแสง และเนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์แบบนี้กระจายมาจากทุกทิศทางในท้องฟ้า จึงไม่สามารถรวมแสงหรือโฟกัสรังสีแสงอาทิตย์แบบนี้ได้

ปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้วให้ความสำคัญอย่างมากต่อการศึกษาและพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากสามารถนำรังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบนี้มาประยุกต์และก่อให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมากมายในหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

1. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากรังสีแสงอาทิตย์ เช่น การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) และการใช้ระบบรวมแสงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Concentrating solar power) เป็นต้น

2. การผลิตพลังงานความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ เช่น การใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (Solar collector) สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนเพื่อใช้ในโรงพยาบาล โรงแรม การทำเตาสุริยะ และการอบแห้งผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

3. การพัฒนาการเกษตร เช่น ในประเทศที่มีอากาศหนาวจะมีการปลูกพืชผักสวนครัวหรือดอกไม้ในเรือนกระจก ซึ่งเรือนกระจกจะช่วยป้องกันอากาศหนาวจากภายนอก และกักเก็บความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ หรือมีการติดตั้งไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ในพื้นที่ห่างไกลเพื่อสูบน้ำเข้าไร่นาเพื่อการเกษตร เป็นต้น

4. การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือก เช่น การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างพลังงานให้รถไฟฟ้า เป็นต้น

5. การเพิ่มสุขอนามัยสำหรับพื้นที่ห่างไกล เช่น การฆ่าเชื้อโรคที่มากับน้ำโดยการให้น้ำสัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรง และการติดตั้งเครื่องสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์เพื่อแจกจ่ายน้ำสะอาดในการบริโภค เป็นต้น

ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตรจึงทำให้ได้รับรังสีแสงอาทิตย์มากในระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม บริเวณที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีมากที่สุดของประเทศไทยอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยจะมีค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีอยู่ในช่วง 20–24 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ($Mj/m^2/day$) รองลงมาเป็นพื้นที่

บางส่วนของภาคกลางในจังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท ออยุธยา และลพบุรี ซึ่งมีค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีอยู่ในช่วง 19–20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน บริเวณที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์ของทั้ง 2 ภาค ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งประเทศ ส่วนอีก 50.2% ของพื้นที่ทั้งประเทศได้รับรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีอยู่ในช่วง 18–19 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (เสริม จันทร์ฉาย และจรุงแสง ลักษณะบุญสง, 2542) เมื่อนำข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ตรงที่ได้จากสถานีตรวจวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งกระจายตัวอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยมาหาค่าเฉลี่ยแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือนของค่ารังสีแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 17.451 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (รวิภา ยง-ประยูร และวศินวิโรตม์ เนติศักดิ์, 2552) จากข้อมูลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีโอกาสใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี และเกือบทั่วประเทศ ดังนั้นประเทศไทยจึงนับได้ว่าเป็นประเทศที่มีศักยภาพสูงเพียงพอที่จะรับรังสีแสงอาทิตย์

จังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดทางภาคตะวันออกอีกจังหวัดหนึ่งที่มีสถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งตั้งอยู่ที่กรมอุตุนิยมวิทยา อำเภอบ้านบึง สถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์จะมีเครื่องมือเฉพาะสำหรับการตรวจวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เรียกว่า เครื่องไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) แต่เนื่องจากในปัจจุบันเครื่องไพรานอมิเตอร์ยังคงมีราคาค่อนข้างแพงจึงทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากในการใช้เครื่องไพรานอมิเตอร์วัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ อีกทั้งการใช้เครื่องไพรานอมิเตอร์มีขั้นตอนวิธีการใช้ที่ค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์และการเก็บข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์จึงสามารถทำได้ในเฉพาะพื้นที่บางแห่งเท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวการประยุกต์ตัวแบบข่ายงานระบบประสาท (Neural network model) เพื่อประเมินค่าและทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์จึงอาจเป็นเครื่องมือซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากหากใช้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องไพรานอมิเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการประเมินค่าและทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่บางแห่งที่ยังไม่มีสถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าและทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์ มีอาทิเช่น

Meza & Varas (2000) ประมาณค่ารังสีแสงอาทิตย์รวม (Global solar radiation) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญสำหรับกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีของประเทศชิลี ด้วยตัวแบบเชิงประจักษ์จำนวน 3 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ Angström ตัวแบบ Bristow–Campbell และตัวแบบ Allen โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิต่ำสุด (Maximum temperature) อุณหภูมิสูงสุด (Minimum temperature) และความยาวนานของแสงแดด (Sunshine duration) ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบเชิงประจักษ์ทั้ง 3 ตัวแบบให้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination: R^2) ที่มีค่าสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดของตัวแบบ Angström ตัวแบบ Bristow–Campbell และตัวแบบ Allen เป็น 0.961, 0.892 และ 0.928 ตามลำดับ

Mohandes, Balghonaim, Kassas, Rehman & Halawani (2000) ใช้เทคนิคของข่ายงานระบบประสาท (Neural network technique) ซึ่งมีตัวแปรอินพุท (Input variable) คือ เส้นรุ้ง (Latitude) เส้นแวง (Longitude) ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (Altitude) และความยาวนานของแสงแดด เพื่อประมาณค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมเฉลี่ยรายวันบนพื้นผิวโลกของประเทศซาอุดีอาระเบีย และเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multilayer perceptron: MLP) หรือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน (Radial basis function: RBF) หรือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์

ซึ่งมีที่ตั้งกระจายอยู่ทั่วทั้งประเทศซาอุดีอาระเบียจำนวน 41 สถานี สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ (Training data set) จำนวน 31 สถานี และชุดของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ (Testing data set) จำนวน 10 สถานี ผลการศึกษาพบว่าความคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage errors: MAPE) ของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP และตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF มีค่าเท่ากับ 12.6 และ 10.1 ตามลำดับ

Trabea & Shaltout (2000) ศึกษาค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลกของเมืองในประเทศอียิปต์ โดยเลือกเมืองที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างกัน 5 เมือง ได้แก่ เมืองซึ่งมีที่ตั้งอยู่ทางตอนเหนือ 2 เมือง คือเมือง Matrough และ Al Arish เมืองซึ่งมีที่ตั้งอยู่ทางตอนกลาง คือเมือง Cairo และเมืองซึ่งมีที่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ 2 เมือง คือเมือง Kharga และ Aswan โดยมีพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา 5 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยรายวัน ความดันไอไอเฉลี่ยรายวัน และความยาวนานของแสงแดดเฉลี่ยรายวัน ผลการศึกษาพบว่ามีสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลกและพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาในทุกพื้นที่ โดยค่าประมาณของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของเมืองที่ศึกษามีค่าตั้งแต่ 0.89 ถึง 0.99 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าอยู่ในช่วง 0.01 และ 0.04

Liu & Scott (2001) ประเมินค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของตัวแบบ Bristow and Campbell จำนวน 3 ตัวแบบ เพื่อใช้ในการประมาณค่ารังสีแสงอาทิตย์รายวันทั่วประเทศออสเตรเลีย จากฐานข้อมูล MetAccess ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดและรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ผลการศึกษาพบว่า

1. ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว คือ อุณหภูมิ ให้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดมีค่าเท่ากับ 0.68 และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.24
2. ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว คือ น้ำฝน ให้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดมีค่าเท่ากับ 0.74 และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.05
3. ตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัว คือ อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ให้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดมีค่าเท่ากับ 0.79 และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.89

Douglass & Clader (2002) ศึกษาการแผ่รังสีแสงอาทิตย์จากอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ผลกระทบที่มีต่อพื้นผิวทะเลจากปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño) ปรากฏการณ์ลานีญา (La Niña) และภูเขาไฟ (Volcanoes) ด้วยการศึกษาวิเคราะห์การถดถอย ผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดของสมการถดถอยมีค่าเท่ากับ 0.64 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยที่มีค่ามากที่สุดเป็นสัมประสิทธิ์ของผลกระทบที่เกิดจากภูเขาไฟ

Oliveira, Escobedo, Machado, & Soares (2002) วัดค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมและรังสีแสงอาทิตย์กระจายบนพื้นผิวโลกของเมือง Sao Paulo ประเทศบราซิล ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมปี ค.ศ. 1994 ถึงเดือนมิถุนายนปี ค.ศ. 1999 เพื่อประมาณค่าการกระจายรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกด้วยตัวแบบการถดถอย 3 ตัวแบบ โดยเป็นตัวแบบการถดถอยรายชั่วโมง รายวัน และรายเดือน ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่ใช้ทำนายค่าการกระจายรังสีแสงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกของทั้ง 3 ตัวแบบ ในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคมมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีราก

ของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบการถดถอยรายชั่วโมง รายวัน และรายเดือนเท่ากับ 0.141, 0.79 และ 0.82 ตามลำดับ

Akpabio & Etuk (2003) ประมาณค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลกจากความยาวนานของแสงแดด ด้วยสมการการถดถอยชนิด Angström (The Angström type regression equation) ณ บริเวณ Onne ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นป่าหนาที่บและตั้งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศไนจีเรีย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984 ถึงปี ค.ศ. 1999 ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่ได้นี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.80 และให้ค่าเปอร์เซ็นต์รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 8.26 ซึ่งพบว่ามีค่าต่ำกว่าตัวแบบ Turton ตัวแบบ Rietveld ตัวแบบ Fagbenle ตัวแบบ Fre're's และตัวแบบ McCulloch ของงานวิจัยที่ผ่านมา

Zhang, Qin, & Chen (2004) วิเคราะห์รังสีแสงอาทิตย์รวม รังสีแสงอาทิตย์ตรง และรังสีแสงอาทิตย์กระจายบนพื้นผิวโลก ที่สถานีตรวจวัดในเมืองซึ่งตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศจีน ได้แก่ เมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) เมืองหนานจิง (Nanjing) และเมืองหางโจว (Hangzhou) ในช่วงปี ค.ศ. 1961 ถึงปี ค.ศ. 2000 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนีความใสรายวัน (Daily clearness index: K_T) และค่าเฉลี่ยรายเดือนของอัตราส่วนการกระจายของรังสีรายวัน (Daily diffuse fraction: K_D) ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่า

1. ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 เมืองเซี่ยงไฮ้ เมืองหนานจิง และเมืองหางโจว มีค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมลดลงเล็กน้อย ในขณะที่รังสีแสงอาทิตย์ตรงมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนรังสีแสงอาทิตย์กระจายมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
2. ลักษณะความแปรผันรายปีของค่ารังสีแสงอาทิตย์รวม รังสีแสงอาทิตย์ตรง และรังสีแสงอาทิตย์กระจายที่เมืองเซี่ยงไฮ้ เมืองหนานจิง และเมืองหางโจว มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมพัทธ์ระหว่างรังสีแสงอาทิตย์รวมและรังสีแสงอาทิตย์ตรงค่อนข้างต่ำในเดือนมิถุนายน เนื่องจากเป็นช่วงของ Meiyu (Meiyu period)
3. ดัชนีความใสรายวันของฤดูร้อนจะมีค่าสูง แต่ในทางตรงกันข้ามดัชนีความใสรายวันจะมีค่าต่ำในฤดูฝน ในช่วง 40 ปีที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนีความใสรายวันมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอัตราส่วนการกระจายของรังสีรายวันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น
4. เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยรังสีแสงอาทิตย์รวม ค่าเฉลี่ยรังสีแสงอาทิตย์ตรง และค่าเฉลี่ยรังสีแสงอาทิตย์กระจายบนพื้นผิวโลก จะได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าเฉลี่ยรายเดือนของอัตราส่วนการกระจายของรังสีรายวันและค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนีความใสรายวัน เป็นดังนี้

เมืองเซี่ยงไฮ้: $K_D=0.939-1.029 K_T$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r=-0.818$

เมืองหนานจิง: $K_D=0.826-0.798 K_T$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r=-0.715$

เมืองหางโจว: $K_D=0.849-0.906 K_T$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r=-0.804$

5. สาเหตุที่ทำให้ค่ารังสีแสงอาทิตย์รวมและรังสีแสงอาทิตย์ตรงมีค่าลดลง อาจเป็นผลเนื่องมาจากมีมลภาวะทางอากาศมากขึ้น และมีความยาวนานของแสงแดดลดลง

El-Sebaai & Trabea (2005) วัดค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลกและความยาวนานของแสงแดดในประเทศอียิปต์ จากสถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนเหนือจำนวน 3 สถานี คือ สถานีมาทรูห์ (Matruh) ราฟา (Rafah) และอัลเอริช (Al-Arish) สถานีทางตอนกลางและทางตอนใต้ก็อีกจำนวน 2 สถานี คือ สถานีตันตา (Tanta) และอัสวาน (Aswan) ตามลำดับ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยซึ่งพิจารณาจากสหสัมพันธ์ชนิด Angström ลำดับที่หนึ่ง สอง และสาม (The first, second and third of Angström type

correlations) ผลการศึกษาเมื่อพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนเอนเอียงเฉลี่ย (Mean Biased Error: MBE) และค่าคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย (Mean Percentage Error: MPE) พบว่า

1. สหสัมพันธ์ชนิด Angström ลำดับที่สองและสามไม่ได้ช่วยในการปรับปรุงความแม่นยำในการประมาณค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลก ดังนั้นสามารถใช้สหสัมพันธ์ชนิด Angström ลำดับที่หนึ่งก็เพียงพอแล้ว

2. สหสัมพันธ์ชนิด Angström ลำดับที่หนึ่งสามารถทำนายค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลกได้ โดยให้ค่าคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของแต่ละเดือนไม่เกิน $\pm 10\%$

3. สหสัมพันธ์ชนิด Angström สามารถประมาณค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีแสงอาทิตย์รวมบนพื้นผิวโลกได้ โดยให้ค่าคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของแต่ละสถานีตรวจวัดน้อยกว่า 6%

Rohrer & Berresheim (2006) วิเคราะห์และวัดความเข้มข้นของอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์ (Hydroxyl radical: OH) ของบรรยากาศในระยะยาว โดยเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่เมือง Hohenpeissenberg ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศเยอรมัน ในช่วงปีค.ศ. 1999 ถึงปีค.ศ. 2003 ผลการวิเคราะห์พบว่าความเข้มข้นของอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับรังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ต ถึงแม้ว่าในความเป็นจริงความเข้มข้นของอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์จะเกี่ยวข้องกับอิทธิพลของตัวทำปฏิกิริยาอื่น ๆ ในบรรยากาศอีกเป็นจำนวนมาก ตัวแบบเชิงตัวเลขของปฏิกิริยาในบรรยากาศและการวัดความเข้มข้นของทรอสก๊าซ (Trace gas) แสดงให้เห็นว่าสหสัมพันธ์ที่สังเกตได้เกิดขึ้นเนื่องจากการทดแทนระหว่างกระบวนการเฉพาะหลาย ๆ อย่างที่มีผลต่ออนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์ แต่ความรู้เกี่ยวกับเคมีบรรยากาศในปัจจุบันยังไม่สามารถอธิบายปฏิกิริยาของกระบวนการเหล่านี้ได้ทั้งหมด ดังนั้นความสัมพันธ์ที่คงที่ระหว่างความเข้มข้นของอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์และรังสีในช่วงอัลตราไวโอเล็ตที่สังเกตได้นั้นจึงอนุมานได้ว่าไม่มีแนวโน้มระยะยาวในระดับของอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์

Vallina & Simó (2007) ศึกษาและวิเคราะห์ DMS (Dimethylsulfide) โดยรวบรวมข้อมูลความเข้มข้นของ DMS และตัวแปรทางชีววิทยาและทางกายภาพ บริเวณชายฝั่งทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนในช่วงปีค.ศ. 2003 ถึงปีค.ศ. 2004 เนื่องจาก DMS เป็นแหล่งธรรมชาติที่สำคัญที่สุดของกำมะถันในชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) ดังนั้น DMS จึงอาจจะมีบทบาทสำคัญในการก่อตัวของเมฆและความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นผิว (Albedo) เหนือน่านน้ำที่อยู่ห่างไกล ผลการวิเคราะห์พบว่าหากไม่คำนึงถึงเส้นรุ้ง ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (Plankton biomass) หรืออุณหภูมิแล้ว ความเข้มข้นของ DMS จะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงในทิศทางเดียวกันกับรังสีแสงอาทิตย์

Yilmaz, Cancino, & Parra (2007) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ของเมือง Valparaiso ซึ่งตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งของประเทศชิลี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์รายวันในแต่ละเดือนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2003 ยกเว้นข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ และวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องมือวัด 2 ชนิด คือ เครื่องแอกทิโนกราฟ (Actinograph) และเครื่องไพรานอมิเตอร์ ผลการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนของค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่วัดจากเครื่องแอกทิโนกราฟมีค่ามากกว่าเครื่องไพรานอมิเตอร์ โดยค่าคลาดเคลื่อนของค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่วัดจากเครื่องแอกทิโนกราฟมีค่าอยู่ในช่วง 10–20% และความถี่ของค่าคลาดเคลื่อนของค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่พบบ่อยมากที่สุดมีค่าอยู่ในช่วง 3,001–4,000 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (Wh/m^2)

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี โดยจะกำหนดรูปแบบค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) และการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม (Cluster analysis)
2. เพื่อทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท (Neural network model)
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการทำวิจัยระหว่างนักวิจัยร่วมองค์กรและเตรียมความพร้อมของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาเข้าสู่การเป็นนักวิจัยรุ่นใหม่

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการกำหนดรูปแบบค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม และเป็นการประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากศูนย์ตรวจวิเคราะห์ไอโซนและรังสีสำนักตรวจและเฝ้าระวังสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึง ปี พ.ศ. 2552 ซึ่งมีตัวแปรตามเป็นค่าเฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือนของค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation) และมีตัวแปรอิสระจำนวน 6 ตัวที่เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือน ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature) อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum temperature) ความยาวนานของแสงแดด (Sunshine duration) ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Sea-level pressure) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) และความดันไอไอ (Pressure)

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

เนื่องจากในการตรวจวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือในการตรวจวัดค่ารังสีที่เรียกกันว่าเครื่องไพรานอมิเตอร์ ซึ่งเครื่องไพรานอมิเตอร์จัดเป็นเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพง และมีขั้นตอนวิธีการใช้ที่ยุ่งยาก ดังนั้นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาประยุกต์เพื่อประเมินค่าและทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นการทดแทนการใช้เครื่องไพรานอมิเตอร์ที่มีราคาแพงและมีใช้เฉพาะในพื้นที่บางแห่งเท่านั้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีหรือในจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท โดยจะทำให้ทราบถึงตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีอยู่ในบรรยากาศซึ่งมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน
2. เป็นการบริการความรู้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
3. เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารในระดับประเทศและ/หรือนานาชาติ

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย “การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท” มีดังนี้

2.1 คำอธิบายข้อมูล

หน่วยงานซึ่งรวบรวมข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์ของจังหวัดชลบุรีที่ใช้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้คือศูนย์ตรวจวิเคราะห์โอโซนและรังสี สำนักตรวจและเฝ้าระวังสภาพอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552 จำนวน 1,008 กรณีน โดยมีตัวแปรตามคือค่าเฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือนของค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation: SR) ซึ่งมีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ($\text{Mj}/\text{m}^2/\text{Day}$) และมีตัวแปรอิสระที่เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือน จำนวน 6 ตัว ดังนี้

1. อุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature: MaxTemp) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)
2. อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum temperature: MinTemp) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)
3. ความยาวนานของแสงแดด (Sunshine duration: SD) มีหน่วยเป็นชั่วโมง (Hour)
4. ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Sea-level pressure: SLP) มีหน่วยเป็นพาสคาล (Pascal: Pa)
5. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity: RH) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
6. ความดันไอ (Pressure) วัดที่ 2 เมตร มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท (mmHg.)

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นมีการแบ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

1. ชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) เป็นข้อมูลที่ได้มาอย่างสุ่มจำนวน 705 กรณีน ซึ่งคิดเป็น 70% ของข้อมูลทั้งหมด
2. ชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) เป็นข้อมูลที่เหลืออีก 30% ของข้อมูลทั้งหมด จำนวน 303 กรณีน จึงเป็นข้อมูลคนละชุดกับชุดของข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ เนื่องจากจะเป็นชุดข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้ทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีได้ถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงใด

2.2 การประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน

ในการประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีนั้นทำได้โดยการกำหนดรูปแบบค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) และการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม (Cluster analysis) โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในบรรยากาศทั้งหมด โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Coefficient of Pearson correlation)

2.2.2 จัดกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศทั้งหมด เพื่อยืนยันว่ามีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันกับค่าค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน โดยพิจารณาจากแผนภาพเดนโดแกรม (Dendrogram) ของการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม

2.2.3 ศึกษาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ย ของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในแต่ละปีและในภาพรวม ด้วยแผนภาพการกระจาย (Scatter plot) เพื่อกำหนดค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนา ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.4 กำหนดรูปแบบค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน ด้วยการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม โดยเลือกพิจารณา เฉพาะวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนา ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

2.3 การทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน

ในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีนั้นทำได้โดยประยุกต์ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรม (Architecture) ซึ่งมีการเชื่อมโยงไปข้างหน้าอย่างทั่วถึง (Fully-connected feed forward) ของข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multilayer perceptron: MLP) และข่ายงานระบบประสาทชั้นสูงแบบเรเดียลเบสฟังก์ชัน (Radial basis function: RBF) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. ชั้นอินพุท (Input layer) จำนวน 1 ชั้นซึ่งประกอบด้วย

1.1 โหนด (Node) จำนวน 6 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมดที่มี โดยโหนดแต่ละ โหนดจะแทนจำนวนตัวแปรอิสระแต่ละตัว

1.2 โหนดซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันกับตัวแปรตามซึ่งก็คือตัวแปร เป้าหมาย (Target variable)

2. ชั้นซ่อน (Hidden layer)

สำหรับการกำหนดจำนวนชั้นซ่อน และจำนวนโหนดของชั้นซ่อนนั้นไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงประยุกต์ข่ายงานระบบประสาทที่ประกอบด้วยชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้น ตามคำแนะนำของ Cybengo (1989) และ Hornik, Stinchcombe & White (1989) ส่วนจำนวนโหนดของชั้นซ่อนกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3 โหนด และ 5 โหนด ตามคำแนะนำของ Guo & Dooley (1992) ที่แสดงให้เห็นว่าจำนวนโหนดของชั้นซ่อนเป็น 3 โหนด และ 5 โหนด เป็นจำนวนที่เพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหา Overtraining และ Undertraining

3. ชั้นเอาต์พุท (Output layer) จำนวน 1 ชั้น

โดยมีจำนวนโหนดของชั้นเอาต์พุทเท่ากับ 1 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระหรือตัวแปร เป้าหมาย

ส่วนฟังก์ชันเชื่อมต่อการทำงาน (Activation function) ของโหนดของชั้นซ่อนเป็นฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก แทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent) และฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian) สำหรับข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP และข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF ตามลำดับ ขณะที่ฟังก์ชันเชื่อมต่อการทำงานของโหนดของชั้นเอาต์พุทใช้ ฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (Exponential) และฟังก์ชันเอกลักษณ์ (Identity) สำหรับข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP และข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF ตามลำดับ

2.4 การวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาท

ในการตรวจสอบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ได้ใช้ทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ได้ถูกต้องและแม่นยำมากน้อยเพียงใดนั้น มีดัชนีที่ใช้สำหรับวัดสมรรถนะของตัวแบบอยู่หลายอย่าง รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เป็นดัชนีอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

โดยที่ y_i เป็นค่าสังเกตของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี
 \hat{y}_i เป็นค่าพยากรณ์หรือค่าทำนายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี
 และ n เป็นจำนวนค่าสังเกตทั้งหมดของข้อมูล

ถ้ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทใดมีค่าน้อยที่สุดแล้ว ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทรุ่นนั้นจะมีสมรรถนะในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ได้ถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

บทที่ 3

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท มีผลการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ผลการประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน

ในการประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี โดยการกำหนดรูปแบบค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม ให้ผลการวิจัยดังนี้

3.1.1 เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในบรรยากาศทั้งหมด ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และ p-value ของการทดสอบ (ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในวงเล็บ) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันและ p-value ของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในบรรยากาศทั้งหมด

	SR	MaxTemp	MinTemp	SD	SLP	RH
MaxTemp	0.126 (0.000)					
MinTemp	0.019 (0.549)	0.455 (0.000)				
SD	0.542 (0.000)	0.005 (0.881)	0.081 (0.010)			
SLP	-0.134 (0.000)	-0.228 (0.000)	-0.081 (0.011)	0.181 (0.000)		
RH	-0.348 (0.000)	0.053 (0.092)	-0.050 (0.111)	-0.402 (0.000)	-0.362 (0.000)	
Pressure	-0.032 (0.313)	0.216 (0.000)	0.057 (0.072)	-0.235 (0.000)	-0.689 (0.000)	0.781 (0.000)

จากตารางที่ 1 พบว่าตัวแปรในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กันอยู่เป็นจำนวนมากหลายคู่ ซึ่งจะเห็นได้จาก p-value ของการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรเหล่านี้มีค่าน้อยกว่า 0.05

ส่วนตัวแปรในบรรยากาศที่ไม่มีความสัมพันธ์กันจะมี p-value ของการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันมากกว่า 0.05 ซึ่งมีทั้งหมด 6 คู่ ดังนี้

1. ค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในแต่ละเดือนกับอุณหภูมิต่ำสุดและความดันไอ
2. อุณหภูมิสูงสุดกับความยาวนานของแสงแดดและความชื้นสัมพัทธ์
3. อุณหภูมิต่ำสุดกับความชื้นสัมพัทธ์และความดันไอ

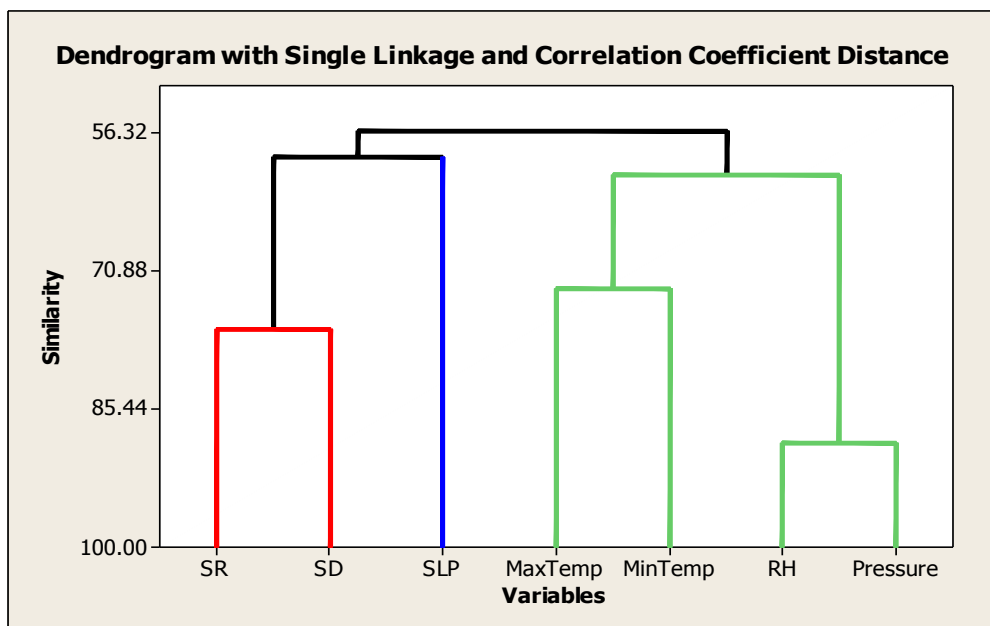
3.1.2 เมื่อทำการจัดกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศเหล่านี้ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันด้วยการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของตัวแปรที่ใช้วิธีตามลำดับขั้น (Hierarchical method) แบบการรวมกลุ่ม (Agglomeration) ซึ่งมีวิธีการเชื่อมแบบการเชื่อมเชิงเดียว (Single linkage) และวัดระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance) ได้ผลดังนี้

Cluster Analysis of Variables: SR, MaxTemp, MinTemp, SD, SLP, RH, Pressure

Correlation Coefficient Distance, Single Linkage
Amalgamation Steps

Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined	New cluster	Number of obs. in new cluster
1	6	89.0403	0.219194	6 7	6	2
2	5	77.1116	0.457768	1 4	1	2
3	4	72.7438	0.545125	2 3	2	2
4	3	60.7856	0.784289	2 6	2	4
5	2	59.0304	0.819392	1 5	1	3
6	1	56.3199	0.873601	1 2	1	7

สำหรับแผนภาพเดนโดแกรม (Dendrogram) จะแสดงถึงการรวมกลุ่มของตัวแปรในบรรยากาศที่มีลักษณะทางกายภาพของรูปแบบสถานะของตัวแปรที่คล้ายคลึงกันหรือมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพเดนโดแกรมของการแบ่งกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศ

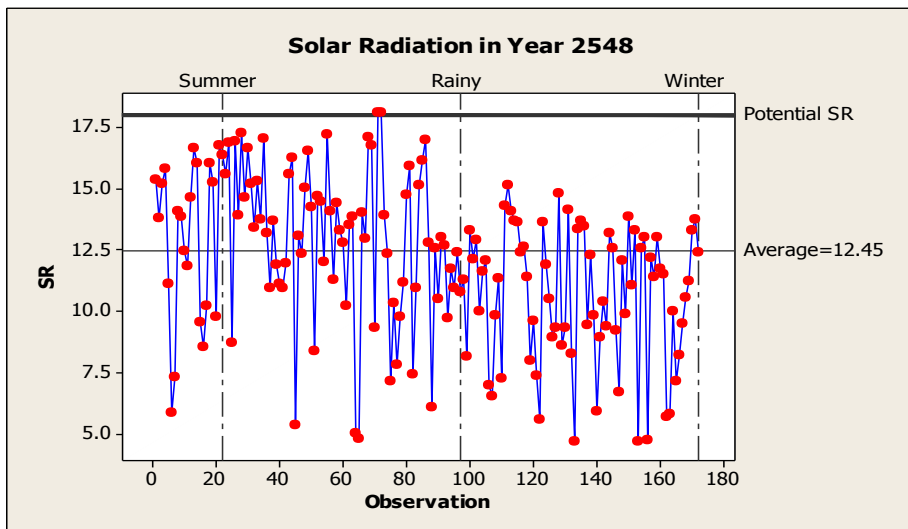
จากภาพที่ 1 พบว่าสามารถจัดกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศ โดยรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันหรือมีคล้ายคลึงกันเข้าไว้ในกลุ่มเดียวกัน ได้ 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ 1 (Cluster 1) เป็นกลุ่มของรังสีแสงอาทิตย์และความยาวนานของแสงแดด

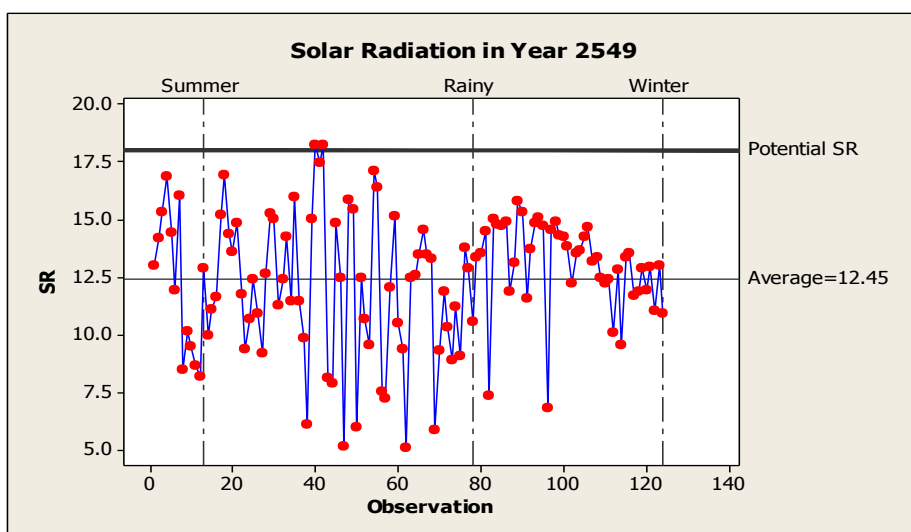
2. กลุ่มที่ 2 (Cluster 2) เป็นความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล
3. กลุ่มที่ 3 (Cluster 3) เป็นกลุ่มของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความดันไอ

จากการจัดกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศจะเห็นได้ว่าให้ผลสอดคล้องกันกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คือตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันคือความยาวนานของแสงแดดและความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล

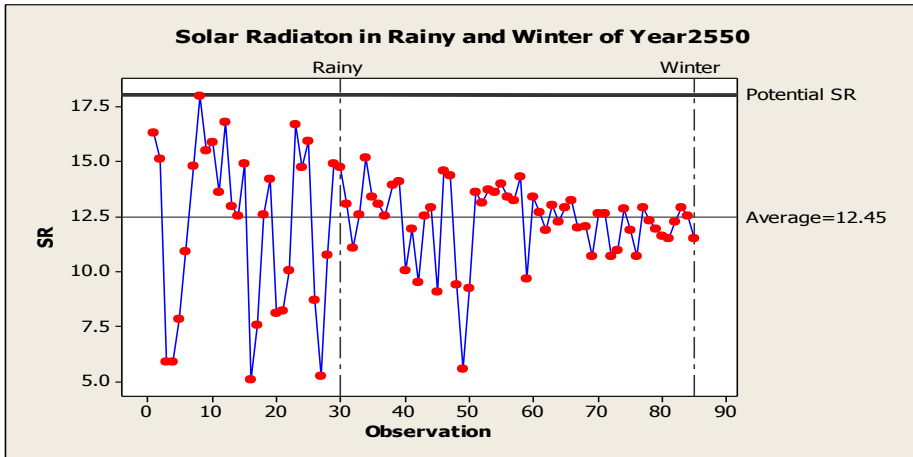
3.1.3 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552 แสดงได้ดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 6



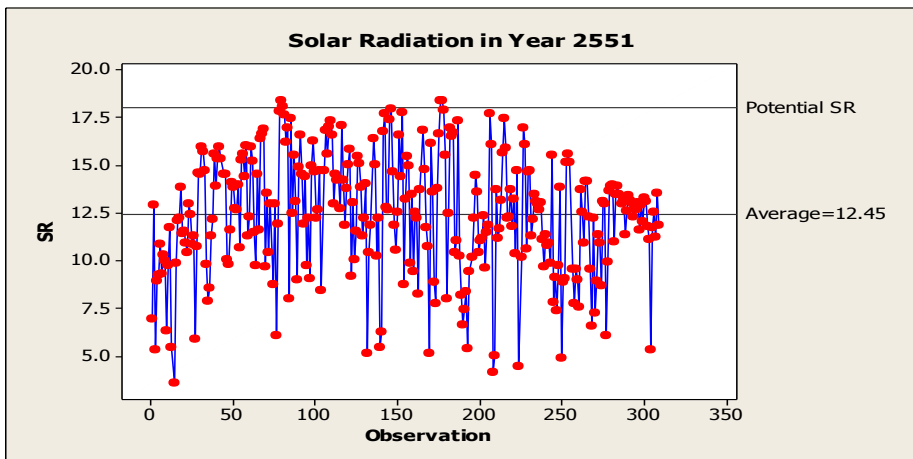
ภาพที่ 2 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2548



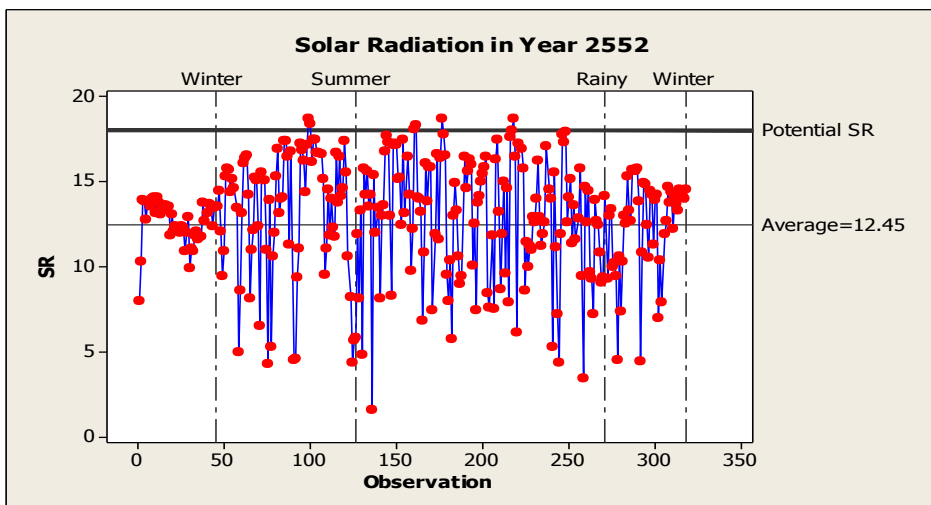
ภาพที่ 3 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2549



ภาพที่ 4 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2550



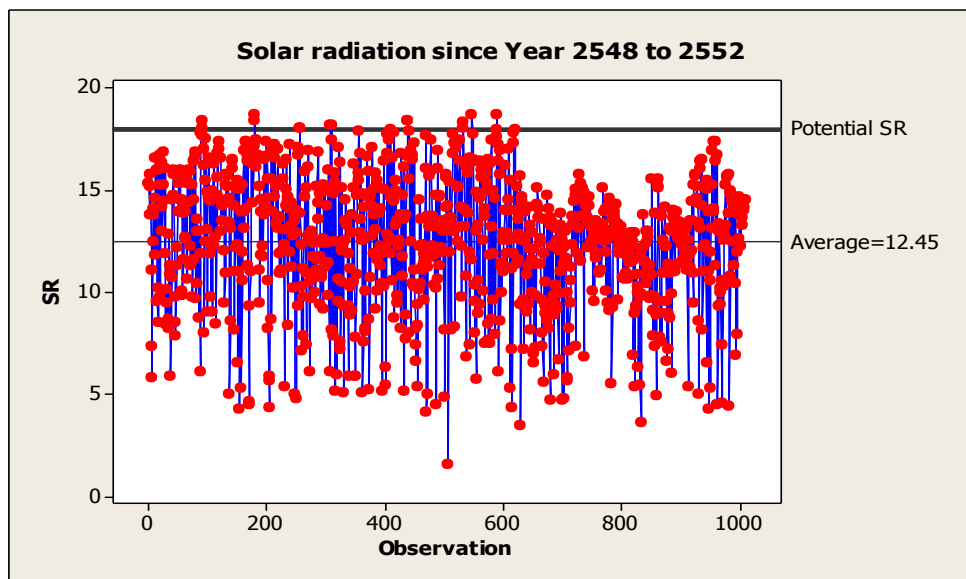
ภาพที่ 5 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2551



ภาพที่ 6 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2552

เมื่อพิจารณาค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในแต่ละปีจากภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 6 พบว่าค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันมีรูปแบบเหมือนกันทุกปี กล่าวคือฤดูร้อน (ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) เป็นฤดูที่มีรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากที่สุดและรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาเป็นฤดูฝน (ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) ส่วนฤดูหนาว (ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) จะเป็นฤดูที่มีรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากที่สุดและรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่ำที่สุด

ส่วนแผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันโดยภาพรวมซึ่งพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด แสดงได้ดังภาพที่ 7

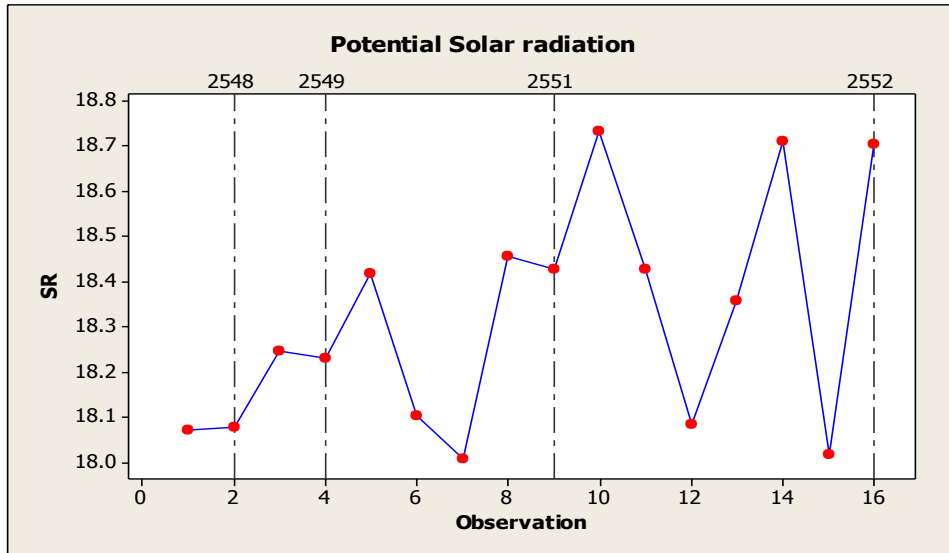


ภาพที่ 7 แผนภาพการกระจายของค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552

จากภาพที่ 7 พบว่าค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 12.45 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากที่สุดมีค่าเท่ากับ 18.731 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่าน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.591 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน

เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่มากกว่าครึ่งหนึ่งของประเทศที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีตั้งแต่ 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่มีค่าเท่ากับ 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวันเป็นค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมีค่ามากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ (Potential SR) ได้

3.1.4 เมื่อพิจารณาเฉพาะวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าจำนวนวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ 16 วัน ซึ่งแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 วันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับค่าของตัวแปรในบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉพาะวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าของตัวแปรในบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉพาะวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

Observation	Year	Month	Date	SR	MaxTemp	SD	SLP	RH
1	2548	7	19	18.069	35.1	6.5	1006.64	68.63
2	2548	7	20	18.076	34.0	10.5	1007.04	65.38
3	2549	9	3	18.246	33.4	10.3	1008.42	74.00
4	2549	9	5	18.230	34.6	9.0	1006.56	72.25
5	2551	4	9	18.418	35.0	10.7	1007.49	69.13
6	2551	4	10	18.103	35.7	10.5	1006.73	68.38
7	2551	7	15	18.006	34.7	10.6	1006.79	72.50
8	2551	8	15	18.454	34.3	11.0	1006.84	67.00
9	2551	8	16	18.426	34.5	7.3	1007.38	73.38
10	2552	4	17	18.731	36.2	11.2	1006.36	67.88
11	2552	4	18	18.428	37.1	9.7	1007.95	66.25
12	2552	6	24	18.084	34.6	9.9	1006.67	72.13
13	2552	6	25	18.358	34.4	10.4	1006.13	71.00
14	2552	7	10	18.708	34.2	11.0	1006.17	66.75
15	2552	8	21	18.017	35.0	10.8	1007.27	66.13
16	2552	8	22	18.704	35.3	11.1	1006.48	73.13

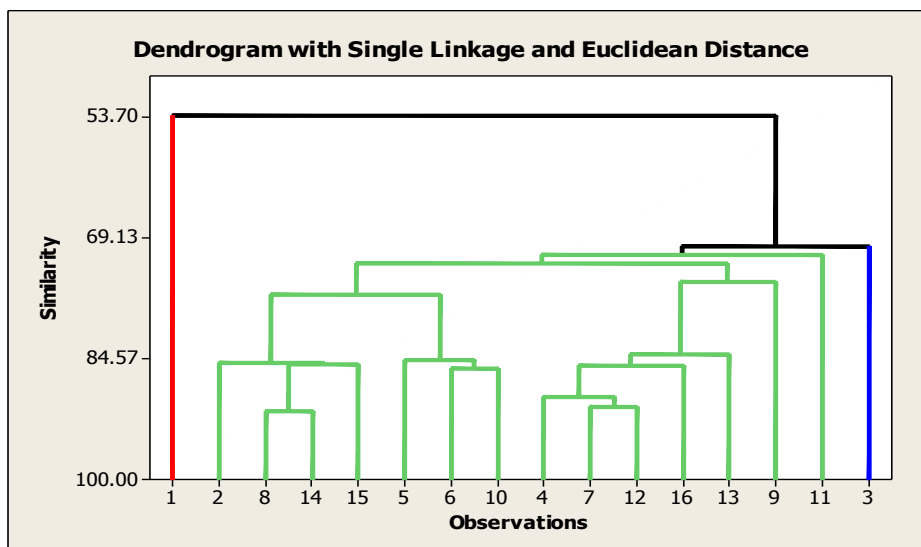
จากนั้นทำการจัดกลุ่มของวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อกำหนดรูปแบบค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันที่จะใช้เป็นต้นแบบของจังหวัดชลบุรี ด้วยการจัดกลุ่มของวัตถุหรือสิ่งของที่ใช้วิธีตามลำดับขั้นแบบการรวมกลุ่มซึ่งมีวิธีการเชื่อมแบบการเชื่อมเชิงเดียว และวัดระยะทางแบบยุคลิดได้ผลดังนี้

Cluster Analysis of Observations: PoSR, MaxTemp, SD, SLP, RH

Euclidean Distance, Single Linkage
Amalgamation Steps

Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined	New cluster	Number of obs. in new cluster
1	15	91.2563	0.76545	8 14	8	2
2	14	90.7384	0.81079	7 12	7	2
3	13	89.4202	0.92618	4 7	4	3
4	12	85.9109	1.23340	6 10	6	2
5	11	85.5953	1.26103	4 16	4	4
6	10	85.2703	1.28948	8 15	8	3
7	9	85.0674	1.30724	2 8	2	4
8	8	84.8056	1.33016	5 6	5	3
9	7	84.1160	1.39053	4 13	4	5
10	6	76.4518	2.06148	2 5	2	7
11	5	74.7459	2.21082	4 9	4	6
12	4	72.4896	2.40834	2 4	2	13
13	3	71.4067	2.50314	2 11	2	14
14	2	70.3344	2.59702	2 3	2	15
15	1	53.6958	4.05361	1 2	1	16

สำหรับแผนภาพเดนโดแกรมที่แสดงถึงการรวมกลุ่มของวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงได้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนภาพเดนโดแกรมของการแบ่งกลุ่มที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อพิจารณาค่าของตัวแปรในบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์จากตารางที่ 2 แล้ว จะเห็นว่าวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในจังหวัดชลบุรี จะเป็นวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 33.4–37.1 องศาเซลเซียส มีความยาวนานของแสงแดด 6.5–11.2 ชั่วโมง มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล 1006.1–1008.4 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ 65.38–74.00 เปอร์เซ็นต์

และเมื่อพิจารณาผลการรวมกลุ่มของวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะสามารถจัดกลุ่มวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ 1 (Cluster 1) มีจำนวน 1 วัน คือค่าสังเกตที่ 1 เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดสั้น (ประมาณ 6 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1006 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

2. กลุ่มที่ 2 (Cluster 2) มีจำนวน 14 วัน คือค่าสังเกตที่ 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 และ 16 เป็นกลุ่มวันที่มีความยาวนานของแสงแดดผันแปรมาก (ระหว่าง 7–11 ชั่วโมง) จึงมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 34–37 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1007 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

3. กลุ่มที่ 3 (Cluster 3) มีจำนวน 1 วัน คือค่าสังเกตที่ 3 เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดมาก (ประมาณ 10 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 33 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1008 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

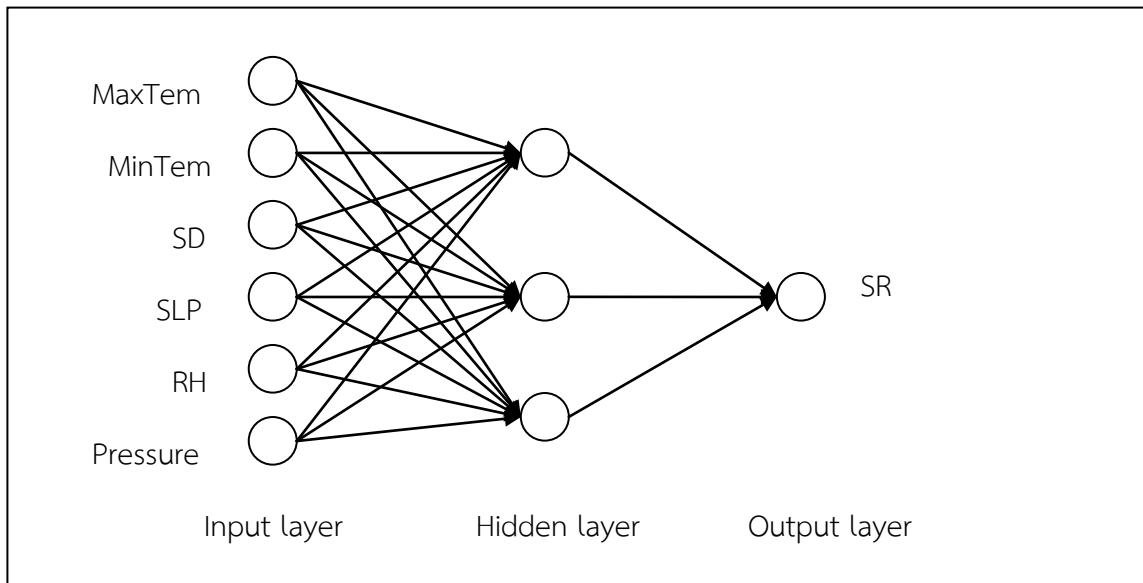
3.2 ผลการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน

เมื่อทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทซึ่งมีการเชื่อมโยงไปข้างหน้าอย่างทั่วถึง โดยที่เป็นโครงสร้างข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP ซึ่งมีฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตเป็นฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก แทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent) และฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (Exponential) ตามลำดับ และเป็นโครงสร้างข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF ซึ่งมีฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตเป็นฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian) และฟังก์ชันเอกลักษณ์ (Identity) ตามลำดับ จะได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ประยุกต์ในงานวิจัยนี้ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. โหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด ซึ่งแสดงค่าของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี (SR)
2. โหนดของชั้นอินพุตจำนวน 6 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับกับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมด (MaxTemp, MinTemp, SD, SLP, RH และ Pressure) และโหนดของชั้นอินพุตจำนวน 4 โหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับกับจำนวนตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี (MaxTemp, SD, SLP และ RH)
3. โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 3 และ 5 โหนด

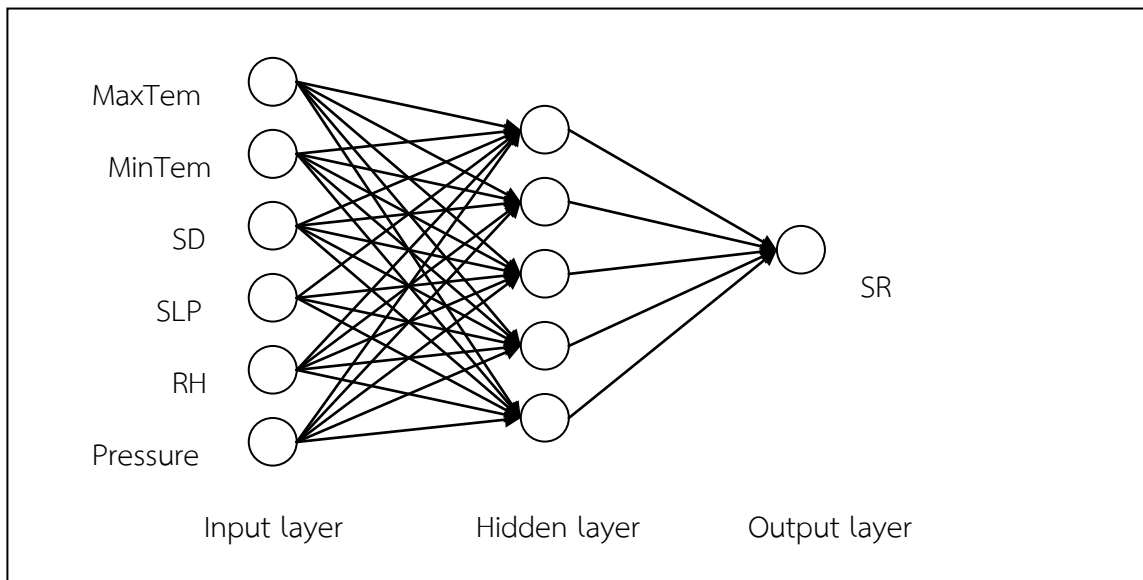
ดังนั้นจึงมีตัวแบบข่ายงานระบบประสาททั้งหมดที่ใช้ทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ดังนี้

1. ตัวแบบที่มีโหนดของชั้นอินพุตจำนวน 6 โหนด โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 3 โหนด และโหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด ได้แก่ ตัวแบบ MLP6-3-1 และ RBF6-3-1 ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 10



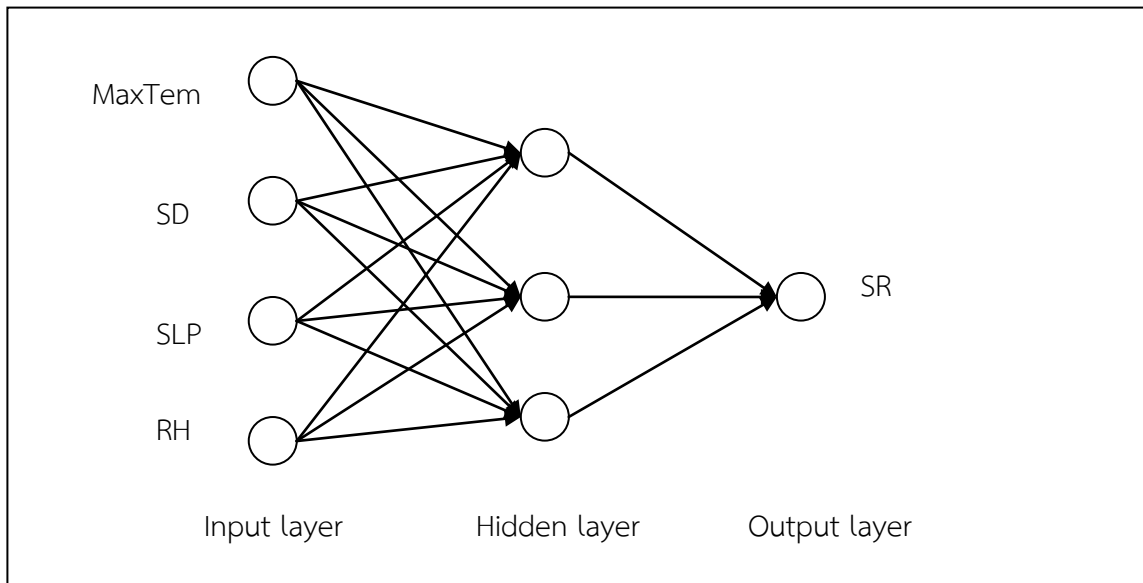
ภาพที่ 10 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP6-3-1 และ RBF6-3-1

2. ตัวแบบที่มีโหนดของชั้นอินพุตจำนวน 6 โหนด โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนด และโหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด ได้แก่ ตัวแบบ MLP6-5-1 และ RBF6-5-1 ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 11



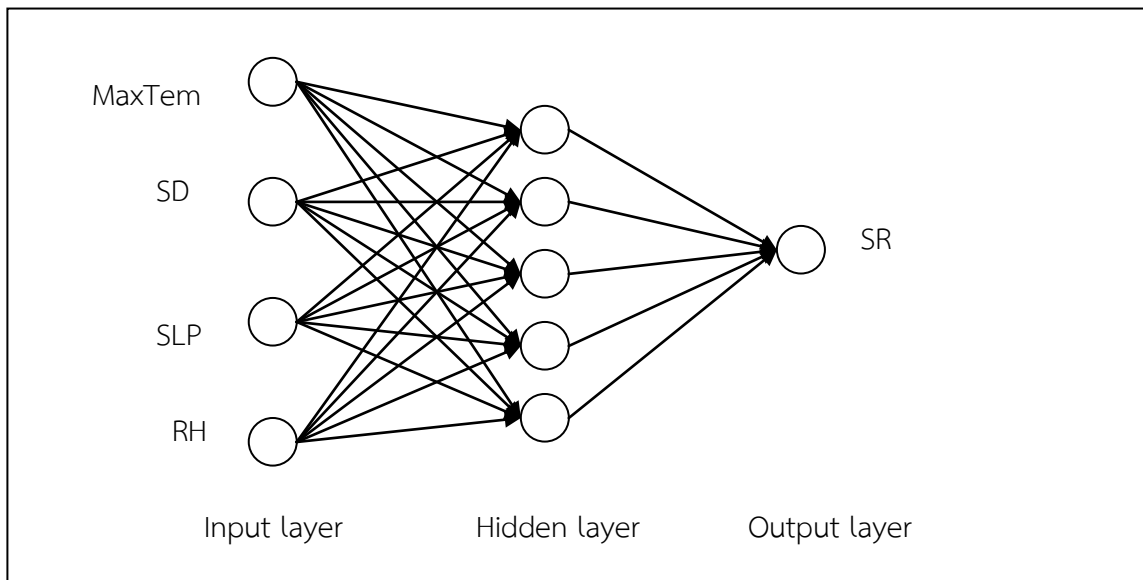
ภาพที่ 11 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP6-5-1 และ RBF6-5-1

3. ตัวแบบที่มีโหนดของชั้นอินพุตจำนวน 4 โหนด โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 3 โหนด และโหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด ได้แก่ ตัวแบบ MLP4-3-1 และ RBF4-3-1 ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP4-3-1 และ RBF4-3-1

4. ตัวแบบที่มีโหนดของชั้นอินพุตจำนวน 4 โหนด โหนดของชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนด และโหนดของชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 โหนด ได้แก่ ตัวแบบ MLP4-5-1 และ RBF4-5-1 ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP4-5-1 และ RBF4-5-1

3.3 ผลการวัดค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาท

เมื่อหาค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากทั้งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างตัวแบบ (Training data set) และชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation data set) เพื่อใช้เป็นดัชนีวัดสมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมรรถนะของตัวแบบข่ายงานระบบประสาทในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี

Architecture of Neural network	Activation function of		RMSE of	
	Hidden layer	Output layer	Training set	Validation set
MLP 6-3-1	Hyperbolic Tangent	Exponential	2.194618	2.126665
MLP 6-5-1	Hyperbolic Tangent	Exponential	2.128258	2.064196
RBF 6-3-1	Gaussian	Identity	2.236302	2.118774
RBF 6-5-1	Gaussian	Identity	2.215500	2.086546
MLP 4-3-1	Hyperbolic Tangent	Exponential	2.302478	2.134538
MLP 4-5-1	Hyperbolic Tangent	Exponential	2.420230	2.132204
RBF 4-3-1	Gaussian	Identity	2.262867	2.172668
RBF 4-5-1	Gaussian	Identity	2.363039	2.151030

จากตารางที่ 3 พบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี คือ ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP 6-5-1 โดยมีรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 2.064196 รองลงมาเป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF 6-5-1 ซึ่งมีรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็น 2.086546

ส่วนตัวแบบที่ทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี ได้ถูกต้องน้อยที่สุด คือตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ RBF 4-3-1 ซึ่งเห็นได้จากให้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบมากที่สุดคือ 2.172668

บทที่ 4

บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัย “การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท” สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. ตัวแปรในบรรยากาศที่มีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน คือ อุณหภูมิสูงสุด (MaxTemp) ความยาวนานของแสงแดด (SD) ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (SLP) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และเมื่อทำการจัดกลุ่มตัวแปรในบรรยากาศพบว่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน ความยาวนานของแสงแดด และความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จึงให้ผลสอดคล้องกันกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ที่ว่าความยาวนานของแสงแดดและความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลมีความสัมพันธ์กันกับค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน

2. รังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีมีรูปแบบเหมือนกันทุกปีคือ ฤดูร้อน (ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) เป็นฤดูที่มีรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากที่สุดและรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นฤดูฝน (ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) ส่วนฤดูหนาว (ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) จะเป็นฤดูที่มีรังสีแสงอาทิตย์ที่มีค่ามากที่สุดและรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่ำที่สุด

3. เมื่อกำหนดให้ค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่มีค่าเท่ากับ 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวันเป็นค่ารังสีแสงอาทิตย์ซึ่งมีค่ามากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าจำนวนวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ 16 วันซึ่งเป็นวันที่มีลักษณะคือ มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 33.4–37.1 องศาเซลเซียส มีความยาวนานของแสงแดด 6.5–11.2 ชั่วโมง มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล 1006.1–1008.4 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ 65.38–74.00 เปอร์เซ็นต์

และเมื่อทำการรวมกลุ่มของวันที่มีค่ารังสีแสงอาทิตย์มากพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะสามารถจัดกลุ่มวันเหล่านี้ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (Cluster 1) เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดสั้น (ประมาณ 6 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 35 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1006 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 (Cluster 2) เป็นกลุ่มวันที่มีความยาวนานของแสงแดดผันแปรมาก (ระหว่าง 7–11 ชั่วโมง) จึงมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 34–37 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1007 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 (Cluster 3) เป็นวันที่มีความยาวนานของแสงแดดมาก (ประมาณ 10 ชั่วโมง) มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 33 องศาเซลเซียส มีความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลประมาณ 1008 พาสคาล และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

4. ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP 6–5–1 เป็นตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่มีสมรรถนะดีที่สุดในการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี เนื่องจากสามารถทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีได้ถูกต้องและแม่นยำที่สุด ซึ่งเห็นได้จากมีรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบน้อยที่สุด

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาท” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ตัวแปรในบรรยากาศที่มีอิทธิพลและมีผลกระทบต่อค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีซึ่งพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันคือ อุณหภูมิสูงสุด (MaxTem) ความยาวนานของแสงแดด (SD) ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (SLP) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ Meza & Varas (2000) และ Trabea & Shaltout (2000)

2. ในการที่จะทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีได้อย่างถูกต้องและแม่นยำนั้นสามารถประยุกต์เพียงแค่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบ MLP ก็เพียงพอแล้วซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากข่ายงานระบบประสาทแบบ MLP เป็นข่ายงานระบบประสาทที่มีโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมที่ง่ายต่อการใช้งานของผู้ปฏิบัติการ นอกจากนี้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทยังช่วยลดค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องไพรานอมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งยังอาจใช้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเป็นเครื่องมือช่วยในการประเมินค่ารังสีแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่บางแห่งที่ยังไม่มีสถานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย

3. สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นตัวชี้แนะหรือข้อเสนอแนะในการพัฒนาตัวแบบข่ายงานระบบประสาทเพื่อให้ได้ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทที่ดีที่สุดสำหรับทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของข่ายงานระบบประสาท เช่น จำนวนชั้นซ่อน จำนวนโหนดของชั้นซ่อน หรือฟังก์ชันการเชื่อมต่อการทำงานที่โหนดของชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต เป็นต้น

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทสำหรับจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยได้

5. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพัฒนาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานทดแทนได้

บทที่ 5

ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Saithanu, K., & Mekpanyup, J. (201X). Assessment and Prediction of Daily Average Solar Radiation in Chonburi with Neural Network Model. *Interventional Medicine & Applied Science*, X(X), xxx-xxx.

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทยด้วยตัวแบบข่ายงานระบบประสาทซึ่งจะทำให้ทราบว่าสามารถใช้เพียงแค่ตัวแบบข่ายงานระบบประสาทอย่างง่ายแบบ MLP ก็เพียงพอแล้วที่จะทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรี แทนการวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องไพรานอมิเตอร์ซึ่งมีราคาแพงและมีความยุ่งยากในการวัด อีกทั้งในพื้นที่บางแห่งก็ยังไม่มียุทธยานีตรวจวัดรังสีแสงอาทิตย์อีกด้วย

รายงานสรุปการเงิน
 เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 2559A10802118 สัญญาเลขที่ 80/2559
 โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
 มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การประเมินค่าและการทำนายค่ารังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในจังหวัดชลบุรีด้วยตัวแบบ
 ข่ายงานระบบประสาท (Assessment and Prediction of Daily Average Solar Radiation in
 Chonburi with Neural Network Model)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร.กิตติการ สายธนู

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2559

ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2558 – 30 กันยายน พ.ศ.
 2559

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	99,000 บาท	เมื่อวันที่ เดือน ปี 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558
งวดที่ 2 (40%)	79,200 บาท	เมื่อวันที่ เดือน ปี 19 เมษายน พ.ศ. 2559
งวดที่ 3 (10%)	_____ บาท	เมื่อวันที่ เดือน ปี _____
รวม	178,200 บาท	(หนึ่งแสนเจ็ดหมื่นแปดพันสองร้อยบาทถ้วน)

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
๑. ค่าตอบแทน	30,000.00	30,000.00	0.00
๒. ค่าจ้าง	26,600.00	26,600.00	0.00
๓. ค่าวัสดุ	85,400.00	85,400.00	0.00
๔. ค่าใช้สอย	41,000.00	41,000.00	0.00
๕. ค่าครุภัณฑ์	15,000.00	15,000.00	0.00
๖. ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน	22,000.00	22,000.00	0.00
รวม	220,000.00	220,000.00	0.00

(_____)
 ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

เสริม จันทร์ฉาย และจรุงแสง ลักษณะบุญส่ง. (2542). *แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: จีรังริชต์.

รวีภา ยงประยูร และวศินวิโรตม์ เนติศักดิ์. (2552). การประเมินความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ในการประยุกต์ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในเขตจังหวัดลำปาง. *ในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5*.

Akpabio, L. E., & Etuk, S. E. (2003). Relationship between global solar radiation and sunshine duration for Onne, Nigeria. *Turkish Journal of Physics*, 27(2), 161-167.

Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of control, signals and systems*, 2(4), 303-314.

Douglass, D. H., & Clader, B. D. (2002). Climate sensitivity of the Earth to solar irradiance. *Geophysical Research Letters*, 29(16).

El-Sebaai, A. A., & Trabea, A. A. (2005). Estimation of global solar radiation on horizontal surfaces over Egypt. *Egypt. J. Solids*, 28(1), 163-175.

Guo, Y., & Dooley, K. J. (1992). Identification of change structure in statistical process control. *The International Journal of Production Research*, 30(7), 1655-1669.

Hornik, K., Stinchcombe, M., & White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural networks*, 2(5), 359-366.

Liu, D. L., & Scott, B. J. (2001). Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 106(1), 41-59.

Meza, F., & Varas, E. (2000). Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100(2), 231-241.

Mohandes, M. K. S. R. M., Balghonaim, A., Kassas, M., Rehman, S., & Halawani, T. O. (2000). Use of radial basis functions for estimating monthly mean daily solar radiation. *Solar Energy*, 68(2), 161-168.

- Oliveira, A. P., Escobedo, J. F., Machado, A. J., & Soares, J. (2002). Correlation models of diffuse solar-radiation applied to the city of Sao Paulo, Brazil. *Applied Energy*, 71(1), 59-73.
- Rohrer, F., & Berresheim, H. (2006). Strong correlation between levels of tropospheric hydroxyl radicals and solar ultraviolet radiation. *Nature*, 442(7099), 184-187.
- Trabea, A. A., & Shaltout, M. M. (2000). Correlation of global solar radiation with meteorological parameters over Egypt. *Renewable Energy*, 21(2), 297-308.
- Vallina, S. M., & Simó, R. (2007). Strong relationship between DMS and the solar radiation dose over the global surface ocean. *Science*, 315(5811), 506-508.
- Yilmaz, E., Cancino, B., & Parra, W. R. (2007). Statistical analysis of solar radiation data. *Energy Sources, Part A*, 29(15), 1371-1383.
- Zhang, Y. L., Qin, B. Q., & Chen, W. M. (2004). Analysis of 40 year records of solar radiation data in Shanghai, Nanjing and Hangzhou in Eastern China. *Theoretical and Applied Climatology*, 78(4), 217-227.