



รายงานฉบับสมบูรณ์ Final Report

โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลอากาศสำหรับงานวิจัยและพัฒนา
พื้นที่สูงของประเทศไทย

The weather analysis and database construction for research and
highland developments in Thailand

แผนงานวิจัย: เพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โดย

กฤษฎาพันธุ์ ผลากิจ และคณะ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

รายงานฉบับสมบูรณ์

Final Report

โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลกาลอากาศสำหรับงานวิจัยและพัฒนา
พื้นที่สูงของประเทศไทย

The weather analysis and database construction for research and
highland developments in Thailand

แผนงานวิจัย: เพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. ดร. กฤษณาพันธุ์ ผลากิจ | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 2. นางสาววรรณมน ภูสกุลขจร | หน่วยวิจัยการออกแบบและวิศวกรรม
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ |
| 3. ดร. ประมิตา พันธวงศ์ | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 4. นายพิชิต ลำไย | คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

ธันวาคม 2559

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีดีจากการอนุเคราะห์ของบุคคลและหน่วยงานหลายฝ่าย ขอขอบคุณ คุณรัชนีวรรณ แสงโสภา นักวิชาการ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุน พร้อมทั้งช่วยประสานงานในการทำวิจัยให้ราบรื่น ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.กัมปนาท ภักดีกุล คณบดี คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้ให้คำปรึกษาโครงการวิจัย นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณการสนับสนุนข้อมูลภูมิอากาศรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ขอขอบพระคุณ นายจตุรวิทย์ จันทศรีวงศ์ ผู้ช่วยวิจัย และประสานงานด้านการจัดทำฐานข้อมูลกาลอากาศ รวมถึงเจ้าหน้าที่งานบริหารงานวิจัยและบริการวิชาการ ของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทุกท่านที่ช่วยให้การดำเนินโครงการเป็นไปได้อย่างราบรื่น สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนโครงการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2559



คณะผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นายกฤษฎาพันธุ์ ผลากิจ
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)	Mr. Kritsadapan Palakit
คุณวุฒิ	ปร.ด. (วนศาสตร์) สาขาวิชานวนศาสตร์
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ)	อาจารย์
หน่วยงาน	ศูนย์การศึกษา วิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อการจัดการลุ่มน้ำอย่างบูรณาการในพื้นที่ ภาคเหนือ (ศทส.) คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่	2 หมู่ 6 ตำบลแม่ทะ อำเภอมะทะ จังหวัดลำปาง 52220
โทรศัพท์/โทรสาร	+668-1713-6871
E-mail	kritsadapan.pal@mahidol.ac.th

2. นักวิจัย

2.1 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางสาววรรณมน ภูสกุลขจร
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Wassamon Phusakulkajorn
คุณวุฒิ	ปริญญาโท
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ)	ผู้ช่วยนักวิจัย
หน่วยงาน	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ หน่วยวิจัย การออกแบบและวิศวกรรม ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
โทรศัพท์/โทรสาร	+662-564-6500 ต่อ 4359
E-mail	wassamon.phu@mtec.or.th
2.2 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางสาวปรมिता พันธวงศ์
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Paramita Punwong
คุณวุฒิ	Ph.D. Paleoecology/Paleoclimatology
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ)	อาจารย์
หน่วยงาน	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่	999 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 อ.ศาลายา จ.นครปฐม 73170
โทรศัพท์/โทรสาร	+662-441-5000 ต่อ 1310
E-mail	paramita.pun@mahidol.ac.th

- 2.3 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายพิชิต ลำไย
 ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Pichit Lumyai
 คุณวุฒิ วท.ม. (วนศาสตร์) สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
 ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) อาจารย์
 หน่วยงาน ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 ที่อยู่ ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
 โทรศัพท์/โทรสาร +668-5056-0643
 E-mail fforpcl@ku.ac.th



บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. ความเป็นมาของโครงการ

สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรบนพื้นที่สูงโดยตรง จากการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย โดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (International Panel of Climate Change: IPCC) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น 1.5-2.0 องศาเซลเซียส ภายใน 40-50 ปีข้างหน้า นอกจากนี้ ระดับอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลากลางวันอาจจะสูงขึ้น 3.0-4.0 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ระบบนิเวศและปริมาณน้ำฝนเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรของไทยบนพื้นที่สูง รวมถึงการกระจายตัวของโรคพืชในพื้นที่สูงอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยจึงกลายเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง และอาจจะเกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร เป็นมูลค่ามากกว่าร้อยละ 25 ภายใน 50 ปีข้างหน้า จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาความเสี่ยงและลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน การเกิดภัยพิบัติน้ำท่วม รวมถึงดินถล่มและความแห้งแล้งที่มีความรุนแรงสูง เพื่อให้เกิดการเตรียมรับมือได้ดียิ่งขึ้น

ถึงแม้หน่วยงานต่างๆ จะเริ่มตระหนักและศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเมืองใหญ่ที่เป็นฐานของการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจมาบ้างแล้ว แต่การพยากรณ์และการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงของประเทศไทยก็ยังเป็นไปด้วยความยากลำบาก ทั้งนี้ การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการตรวจสอบผลกระทบจากสภาพอากาศต่อผลผลิตนั้น จะต้องใช้ฐานข้อมูลสภาพอากาศที่ชัดเจน และมีความยาวของข้อมูลหลายสิบปี ประกอบกับลักษณะภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ (Microclimate) อาจจะต่างกันมากในแต่ละบริเวณของพื้นที่สูง จึงไม่สามารถใช้รูปแบบการพยากรณ์จากพื้นที่ราบมาประเมินการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สูงได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องรวบรวมและประเมินสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูง เพื่อประโยชน์ต่อการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรในพื้นที่สูงได้มากที่สุด รวมทั้งผู้ที่สามารถนำข้อมูลการพยากรณ์จากฐานข้อมูลเหล่านี้ไปใช้งานได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

โครงการศึกษานี้จึงเป็นการปรับปรุงแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูง โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบบางปัจจัย ที่สอดคล้องกับข้อมูลภูมิอากาศที่มีการบันทึกโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) และสร้างแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงโดยฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่บันทึกโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) โดยคาดหวังว่าจะสามารถพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงาน และใช้ประกอบในการวางแผนการจัดการและการตัดสินใจทางการเกษตรบนพื้นที่สูงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อปรับปรุงแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงโดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบบางปัจจัย
- 2) เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงโดยฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่บันทึกโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

3) เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงที่ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบและบนพื้นที่สูงในการพยากรณ์

4) เพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูลแบบจำลองระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงผ่านทางเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) โดยการทำงานร่วมกันกับบุคลากรของสถาบันฯ

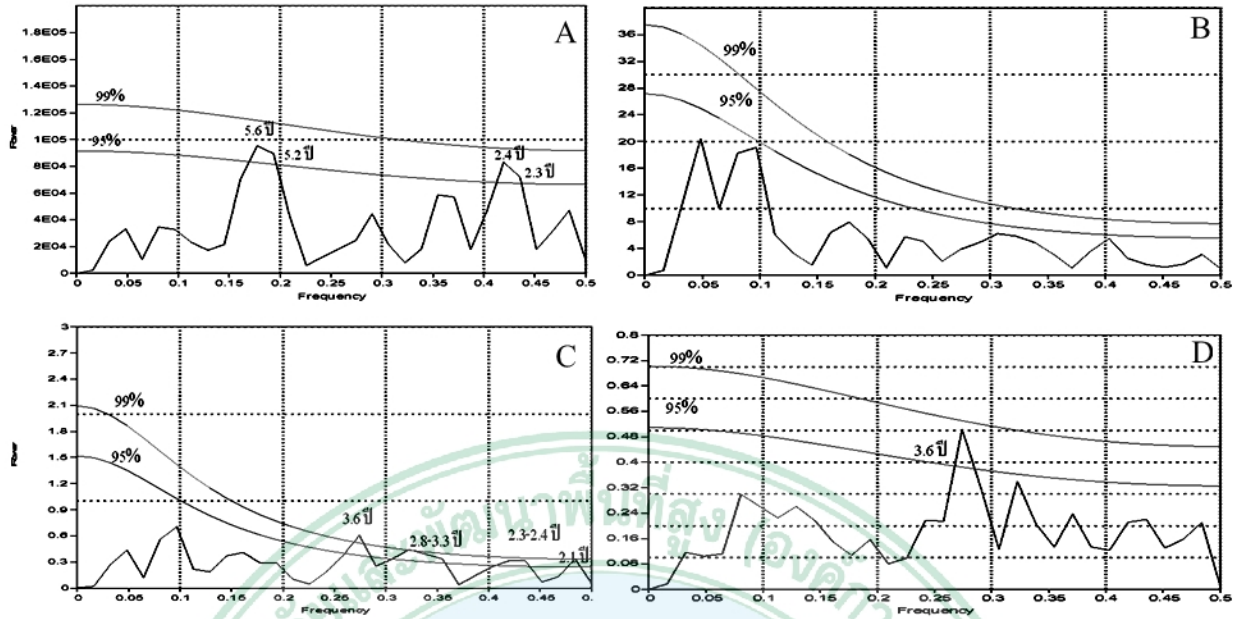
3. ผลการวิจัยแบ่งตามวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่ 1: เพื่อปรับปรุงแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงโดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบบางปัจจัย

จากแบบจำลองการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงโดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบบางปัจจัยในโครงการระยะที่ 1 เป็นการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายฤดูกาล (ทุก 4 เดือน) ซึ่งอาจไม่สอดคล้องต่อความต้องการใช้ประโยชน์ของนักวิจัยที่ต้องการทราบข้อมูลการพยากรณ์รายสัปดาห์และรายเดือน รวมถึงข้อมูลรายปี ประกอบกับข้อมูลฐานที่ใช้ในแบบจำลองยังคงเป็นข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบเพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่สามารถอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศบนพื้นที่สูงได้อย่างชัดเจนนัก คณะผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแบบจำลองปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่สูงโดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบบางปัจจัยร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศบนพื้นที่สูง เพื่อให้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายสัปดาห์ รายเดือน และรายปีได้ โดยทำการศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบและพื้นที่สูงทางภาคเหนือที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนการสร้างแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่สูง ดังนี้

1.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบทางภาคเหนือ

ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนทางภาคเหนือจากกรมอุตุนิยมวิทยา 30 สถานี ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากทุกสถานีมีค่า 1283.92 มม. ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2536 มีแนวโน้มลดต่ำลง จาก 1447.12 มม. เป็น 953.51 มม. และค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเป็น 1333.66 มม. ในปัจจุบัน โดยมีวัฏจักรการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนจากการวิเคราะห์สเปกตรัล (Spectral analysis) ทุกๆ 2.3-2.4 ปี และ 5.2-5.6 ปี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพที่ 1A) สำหรับความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เป็น 73.25% และเพิ่มขึ้นจาก 74.22% ในปี พ.ศ. 2494 เป็น 75.63% ในปี พ.ศ. 2556 แต่ไม่มีรูปแบบการเกิดซ้ำที่แน่นอนของจักรการเกิดซ้ำของความชื้นสัมพัทธ์ (ภาพที่ 1B) ในขณะที่ระดับอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มคงที่ที่ 32.51 °C และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง ± 1 °C ในขณะที่วัฏจักรการเกิดซ้ำของอุณหภูมิสูงสุดจะเกิดขึ้นทุกๆ 2.1, 2.3-2.4, 2.8-3.3 และ 3.6 ปี (ภาพที่ 1C) ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจาก 20.61 °C ในปี พ.ศ. 2494 เป็น 21.33 °C ในปี พ.ศ. 2556 ในขณะที่ระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีมีค่า 20.79 °C ซึ่งจะส่งผลให้ระดับความหนาวเย็นทางภาคเหนือของประเทศไทยลดลง ภาพที่ 1D แสดงวัฏจักรการเกิดซ้ำของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี ทุกๆ 3.6 ปี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



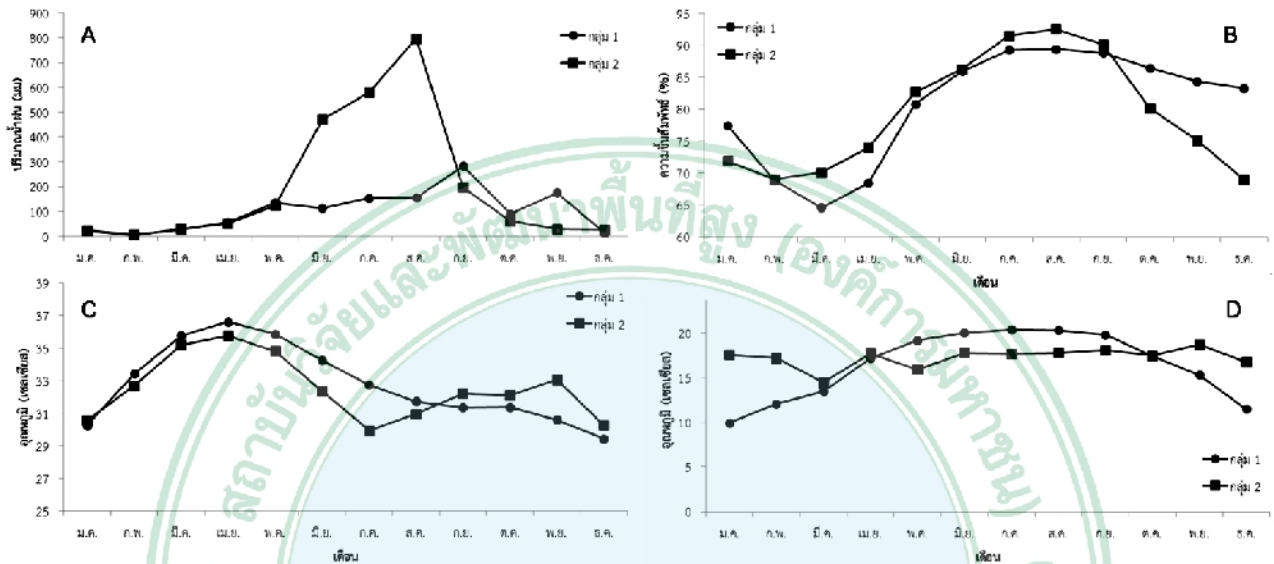
ภาพที่ 1 วิเคราะห์การเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝน (A) ความขึ้นสัมพันธ์ (B) อุณหภูมิสูงสุด (C) และอุณหภูมิต่ำสุด (D) ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

1.2 สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือ

เมื่อพิจารณาข้อมูลภูมิอากาศที่บันทึกโดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จำนวน 28 สถานี พบว่า ข้อมูลมีความสมบูรณ์น้อย ขาดความต่อเนื่องของข้อมูลรายเดือน จึงทำให้ไม่สามารถแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรายปีได้ ประกอบกับขาดข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง จังหวัดน่าน จึงเหลือข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่สามารถใช้วิเคราะห์ในครั้งนี้เพียง 27 สถานี อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน ความขึ้นสัมพันธ์ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน สามารถนำมาใช้จำแนกพื้นที่ที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่สอดคล้องกัน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) สำหรับข้อมูลค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายเดือนบนพื้นที่สูงสามารถจำแนกพื้นที่ที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนได้ 2 กลุ่ม (ภาพที่ 2A) ซึ่งกลุ่มที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีเพียง 1,240.71 มม. ในขณะที่กลุ่มที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีถึง 2,393.08 มม. นอกจากนั้นกลุ่มที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) เพียง 934.62 มม. ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 ที่มีปริมาณน้ำฝนถึง 2,229.41 มม. อย่างชัดเจน

สำหรับค่าเฉลี่ยความขึ้นสัมพันธ์รายเดือนบนพื้นที่สูงสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม (ภาพที่ 2B) โดยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 80.63% และ 79.35% ตามลำดับ ความขึ้นสัมพันธ์ของกลุ่มที่ 1 ในช่วงฤดูร้อน (ก.พ.-เม.ย.) และฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) มีค่า 67.26% และ 86.78% ซึ่งต่ำกว่าความขึ้นสัมพันธ์ในกลุ่มที่ 2 ในช่วงเวลาเดียวกัน ที่มีค่า 71.03% และ 87.21% ตามลำดับ แต่ความขึ้นสัมพันธ์ในช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ม.ค.) ของกลุ่มที่ 1 (81.69%) จะเพิ่มมากกว่ากลุ่มที่ 2 (71.95%) อย่างชัดเจน ส่วนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนบนพื้นที่สูงสามารถจำแนกพื้นที่ที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนได้เป็น 2 กลุ่ม (ภาพที่ 2C) โดยกลุ่มที่ 1 มีระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน 32.80 °C ซึ่งมากกว่ากลุ่ม

ที่ 2 ที่มีระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.50 °C โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 มีระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนมากที่สุด ในฤดูร้อน (ก.พ.-เม.ย.) ที่ 35.28 °C และ 34.56 °C และค่อยๆ ลดต่ำลงในฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) โดยกลุ่มที่ 1 มีระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในฤดูฝน 32.90 °C ในขณะที่กลุ่มที่ 2 มีระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในฤดูฝน 32.07 °C และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนได้ลดต่อเนื่องในฤดูหนาว (พ.ย.-ม.ค.) โดยมีระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มที่ 1 และ 2 เป็น 30.10 °C และ 31.30 °C ตามลำดับ



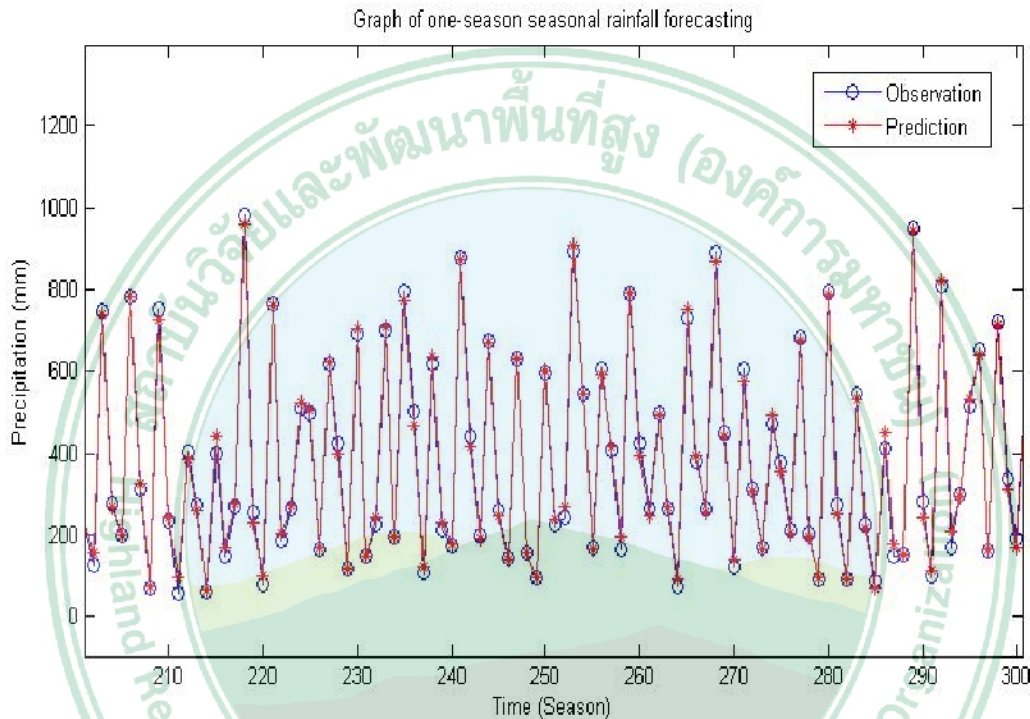
ภาพที่ 2 ข้อมูลภูมิอากาศบนพื้นที่สูงรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน): ปริมาณน้ำฝน (A) ความชื้นสัมพัทธ์ (B) อุณหภูมิสูงสุด (C) และอุณหภูมิต่ำสุด (D)

ระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนบนพื้นที่สูงสามารถจำแนกพื้นที่ที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยได้เป็น 2 กลุ่ม (ภาพที่ 2D) ซึ่งกลุ่มที่ 1 มีระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนเพียง 16.37 °C ในขณะที่กลุ่มที่ 2 มีระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน 17.24 °C กลุ่มที่ 1 จะมีระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจากระดับอุณหภูมิต่ำสุดรายเดือนในฤดูหนาว (พ.ย.-ม.ค.) สู่อุณหภูมิร้อน (ก.พ.-เม.ย.) และค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีกในฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) โดยมีค่า 12.24 °C, 14.22 °C และ 19.50 °C ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ 2 มีระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน เป็น 17.67 °C, 16.44 °C และ 17.43 °C ตามลำดับ

1.3 การปรับปรุงแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่สูง

การปรับปรุงแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่ดำเนินการสร้างขึ้นโดยใช้ระเบียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ให้สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมรายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี รวม 3 แบบจำลองการพยากรณ์ แทนที่แบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนเดิมที่สร้างขึ้นในปีงบประมาณ 2558 ที่สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมรายฤดูกาล และได้ใช้ข้อมูลสภาพอากาศพื้นฐานจากข้อมูลอากาศบนพื้นที่สูงที่บันทึกโดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ร่วมกับข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ แทนที่การใช้ข้อมูลสภาพอากาศบนพื้นที่ราบ

เพียงอย่างเดียว ซึ่งแบบจำลองการพยากรณ์ดังกล่าวได้ปรับปรุงและทำการทดสอบ โดยการแบ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากทุกสถานีออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดการสอนและชุดทดสอบ ที่มีอัตราการแบ่งอยู่ที่ 75:25 จากข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2502-2558 ทั้งหมด 58 สถานี ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้าง 16-200-1 พบว่าประสิทธิภาพที่ได้ทั้งจากชุดการสอนและชุดทดสอบมีค่าความถูกต้องที่สูงมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.9960 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) = 51.4309 มิลลิเมตร ในชุดสอน และ R^2 = 0.9601 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่า RMSE = 148.4894 มิลลิเมตร ในชุดทดสอบ (ภาพที่ 3)

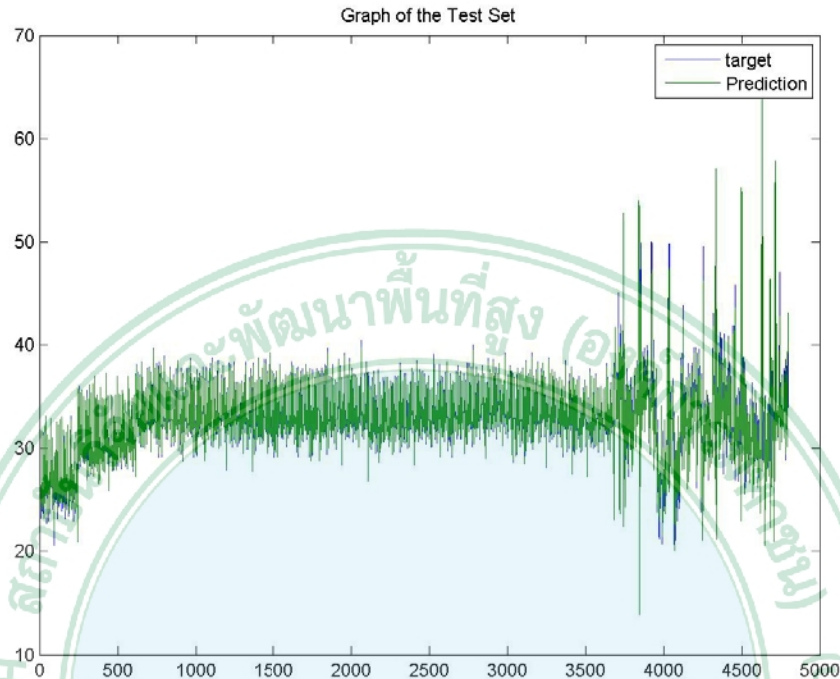


ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เทียบกับค่าจริงที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ภาคเหนือ

วัตถุประสงค์ที่ 2: เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงโดยใช้ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่บันทึกโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

สำหรับแบบจำลองการพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูงที่สร้างขึ้นใหม่ในปีงบประมาณ 2559 คือแบบจำลองการพยากรณ์อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี รวม 6 แบบจำลองการพยากรณ์ โดยใช้ระเบียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียม คณะผู้วิจัยได้ทำการแบ่งข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจากทุกสถานีออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดการสอนและชุดทดสอบ ที่มีอัตราการแบ่งอยู่ที่ 75:25 จากข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2502-2558 ทั้งหมด 58 สถานี ซึ่งการสร้างแบบจำลองพยากรณ์อุณหภูมิสูงสุดรายช่วงเวลา ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้าง 16-100-1 พบว่า ประสิทธิภาพที่ได้จากชุดการสอนมีค่า R^2 = 0.9929 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่า RMSE = 0.2216 องศาเซลเซียส และประสิทธิภาพในชุดทดสอบมีค่า R^2 = 0.7179 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่า RMSE = 1.6923 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4) ส่วนการสร้างแบบจำลองพยากรณ์อุณหภูมิต่ำสุดรายช่วงเวลา โดยใช้ระเบียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่มี

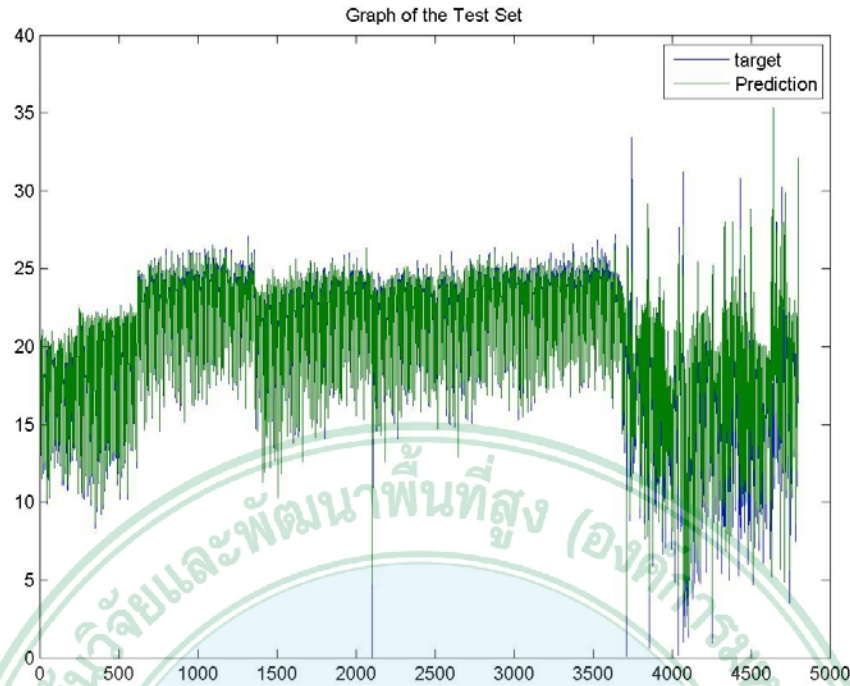
โครงสร้าง 8-120-1 พบว่า ประสิทธิภาพที่ได้ทั้งจากชุดการสอนและชุดทดสอบมีค่าความถูกต้องที่สูงมาก โดยมีค่า $R^2 = 0.9960$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่า RMSE = 0.2421 องศาเซลเซียส ในชุดสอน และ $R^2 = 0.9321$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่า RMSE = 1.1661 องศาเซลเซียส ในชุดทดสอบ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 อุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เทียบกับค่าจริงที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ภาคเหนือ

วัตถุประสงค์ที่ 3: เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงที่ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบและบนพื้นที่สูงในการพยากรณ์

การเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงที่ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่ราบเพียงอย่างเดียว กับข้อมูลสภาพอากาศบนพื้นที่ราบร่วมกับข้อมูลอากาศบนพื้นที่สูงในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ สามารถกระทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่ได้จากแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในโครงการระยะที่ 1 (ปีงบประมาณ 2558) ซึ่งใช้ข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบทางภาคเหนือเป็นฐานในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ เปรียบเทียบกับข้อมูล R^2 และ RMSE ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในปีงบประมาณปัจจุบัน ซึ่งใช้ข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบทางภาคเหนือร่วมกับข้อมูลอากาศบนพื้นที่สูงเป็นฐานในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์



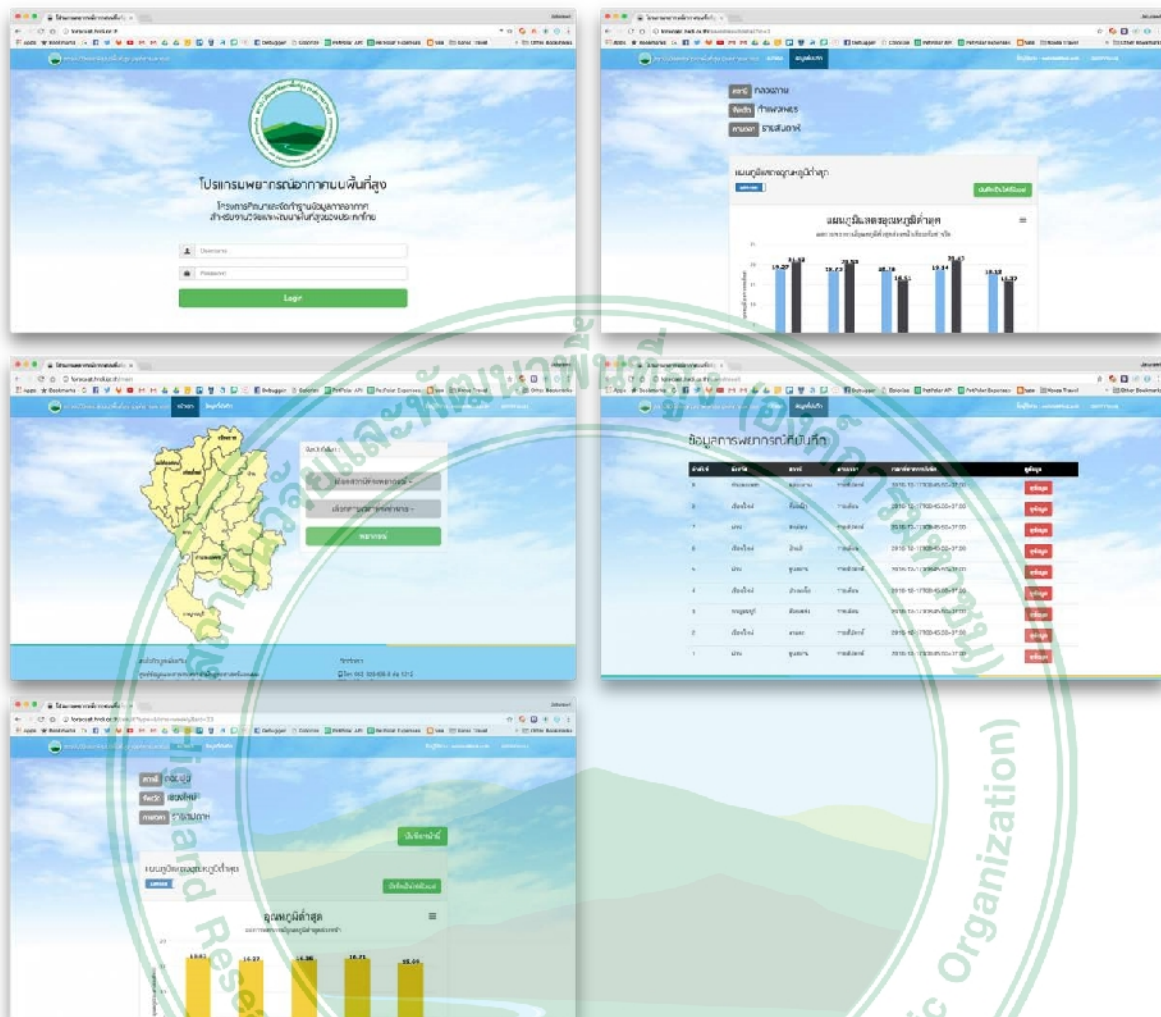
ภาพที่ 5 อุณหภูมิต่ำสุดที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เทียบกับค่าจริงที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ภาคเหนือ

จากการศึกษาพบว่า แบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมบนพื้นที่สูงโดยใช้ข้อมูลอากาศบนพื้นที่สูงร่วมกับข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบมีความถูกต้องใกล้เคียงกับแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมบนพื้นที่สูงที่สร้างขึ้นจากข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบอย่างเดียว ถึงแม้จะใช้ตัวแปรทางสภาพอากาศในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์น้อยกว่า ดังจะเห็นได้จากค่า R^2 ในชุดการสอนและชุดทดสอบของแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่มีค่า 0.9960 และ 0.9601 ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งใกล้เคียงกับที่ R^2 ในชุดสอนและชุดทดสอบของแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนเดิมมีค่า 0.9937 และ 0.9902 ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนค่า RMSE ของแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนสะสมบนพื้นที่สูงโดยใช้ข้อมูลอากาศบนพื้นที่สูงร่วมกับข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบมีค่า 51.4309 มิลลิเมตร ในชุดสอน 148.4894 มิลลิเมตร ในชุดทดสอบ ในขณะที่ RMSE ที่ได้จากชุดการสอนและชุดทดสอบที่ได้จากการสร้างแบบจำลองด้วยข้อมูลอากาศบนพื้นที่ราบอย่างเดียวมีค่า 26.2730 มิลลิเมตร และ 25.7439 มิลลิเมตร ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ที่ 4: เพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูลแบบจำลองระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงผ่านทางเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) โดยการทำงานร่วมกันกับบุคลากรของสถาบันฯ

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลอากาศโดยใช้ภาษา PHP (PHP Hypertext Preprocessor) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ ที่มีลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์สสำหรับจัดทำเว็บไซต์ บนฐานข้อมูล Microsoft SQL Server และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML ที่มี login page ให้ผู้ใช้แสดงตนก่อนเข้าไปใช้ฐานข้อมูลพยากรณ์สภาพภูมิอากาศและมีการเก็บข้อมูลผู้ใช้

ฐานข้อมูลใน system log โดยผู้ใช้งานต้องทำการเลือกสถานีตรวจวัด ข้อมูลอากาศที่ต้องการพยากรณ์ และ คาบเวลาที่ต้องการ พร้อมทั้งสามารถบันทึกข้อมูลการพยากรณ์ได้ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างหน้าสื่บค้นของเว็บไซต์ฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

4. สรุปผลการวิจัย

โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลกาลอากาศสำหรับงานวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงของประเทศไทยได้รวบรวมและสร้างฐานข้อมูลกาลอากาศบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ (สูงสุด-ต่ำสุด-เฉลี่ย) และความชื้นสัมพัทธ์ จากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) รวม 58 สถานี จากการวิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อพยากรณ์สภาพอากาศบนพื้นที่สูง โดยใช้ข้อมูลอากาศบนพื้นที่สูงร่วมกับข้อมูลอากาศบนที่ราบทางภาคเหนือเพื่อให้มีจำนวนข้อมูลมากเพียงพอ พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ คณะผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด โดยใช้สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรภูมิอากาศด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งสามารถพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูงล่วงหน้าได้ในหลายช่วงเวลาทั้งรายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี โดยมี

ความแม่นยำสูง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูลอากาศเพื่อแสดงผลหน้าเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักวิจัยเกษตรกร รวมถึงผู้ที่สนใจในวางแผนการวิจัย การเพาะปลูก และการพัฒนาพื้นที่สูงอื่นๆ ในอนาคต

5. ข้อเสนอแนะเพื่อการดำเนินงานวิจัยต่อไป

จากการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์อากาศด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่มีการเขียนคำสั่งเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด หลายคาบเวลา ทั้งแบบรายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี พบว่า แบบจำลองที่ได้มีความแม่นยำในการพยากรณ์สูงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่จำเป็นต้องให้นักวิจัยเป็นผู้นำเข้าข้อมูลอากาศที่เป็นปัจจุบัน เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองในการพยากรณ์อากาศในคาบเวลาถัดไป รวมถึงต้องสั่งให้เกิดการพยากรณ์ตามช่วงเวลาที่กำหนดโดยตัวนักวิจัยเอง จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับนักวิจัยผู้ดูแลระบบให้เกิดความเข้าใจในระบบของการพยากรณ์ดังกล่าวก่อน เพื่อให้การพยากรณ์เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง และมีการเพิ่มข้อมูลการพยากรณ์เข้าสู่ฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้ามาสืบค้นค่าการพยากรณ์ในคาบเวลาต่างๆ ได้อย่างไรก็ตาม การดูแลระบบการพยากรณ์โดยนักวิจัยสามารถทดแทนได้โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในรูปแบบ enterprise version ที่สามารถเขียนคำสั่งให้ทำการพยากรณ์อากาศได้ตามคาบเวลาที่ใช้ต้องการ แต่มีราคาสูงกว่า basic version หลายเท่าตัว ดังนั้น การทดสอบระบบพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูงก่อนโดยให้นักวิจัยเป็นผู้ดูแลระบบ จึงเป็นการสร้างความคุ้นเคยระหว่างนักวิจัยกับรูปแบบการทำงานของระบบการพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูง รวมถึงให้นักวิจัยเห็นข้อดี-ข้อด้อย ความถูกต้องของแบบจำลองการพยากรณ์ และความคุ้มค่า หากจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อจำลองการพยากรณ์อากาศในรูปแบบของ enterprise version ที่เป็นรูปแบบอัตโนมัติและไม่ต้องใช้นักวิจัยดูแลระบบ

อย่างไรก็ตาม การทดลองพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูงโดยใช้สถิติเบื้องต้นในรูปแบบของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis) ผ่านโปรแกรมพื้นฐาน อาทิ Microsoft excel และ SPSS ถึงแม้จะมีความแม่นยำน้อยกว่าการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์บนพื้นฐานของเทคนิคการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นการง่ายสำหรับนักวิจัยที่ไม่มีความคุ้นเคยกับการเขียนคำสั่งโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ ให้สามารถพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์อากาศอย่างง่าย และสามารถตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาได้เอง รวมถึงสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองขึ้นมาได้ใหม่ทันที หากมีการติดตั้งอุปกรณ์และเก็บข้อมูลอุณหภูมิตามพื้นที่สูงอื่นๆ เพิ่มเติม

Executive Summary

1. Project Background

Climate is the main factor directly affecting highland agricultural production. The assessments of Thailand climate changes by the International Panel of Climate Change (IPCC) found the increased average temperature for 1.5-2.0 degrees Celsius in the next 40-50 years. In addition, the maximum temperature during the daytime which will rise for 3.0-4.0 degrees Celsius will interrupt the monsoon system and total rainfall. These changes also affect the quantity and quality of highland agricultural production in Thailand as similar as the continuous distribution of the plant disease to highland areas. Therefore, Thailand has become a high-risk area and agricultural production may be damaged more than 25 percent in the next 50 years. In order to make a better mitigation plan, it is necessary to study the risks and effects of climate changes including the sudden disasters such as floods, landslides and extreme droughts.

Although, several organizations in Thailand are realizing and studying the effects of climate changes in various cities which are the base of tourism and economy, the prediction and the impact study of highland climate changes are still difficulties due to the lack of precise and long-term climate data. Moreover, the fluctuations of microclimate in each highland area may not similar and cannot use the general predictive models of the lowland to directly assess the changing. However, the collection and evaluation of the highland climate data is still needed in order to support some researches relating to the highland agriculture. Finally, the predicted climate data from these databases might be easier to use and understand.

This project constructed and developed the mathematic models for highland climate prediction by using some climate data derived from lowland meteorological stations of the meteorological department and highland meteorological stations of the Highland Research and Development Institute (Public Organization). These models are expected to be able to predict the high accurate and appropriate highland climate data in order to support the management planning and decision-making for highland agriculture.

2. Objectives

- 1) To improve the previous mathematic model for highland climate prediction by using some lowland climate factors.
- 2) To construct the mathematic models for highland climate prediction by using some climate data recorded by the Highland Research and Development Institute (Public Organization).

3) To compare the accuracy of the previous and the new models for highland climate prediction.

4) To connect the highland climate predicted models with the database of the Highland Research and Development Institute (Public Organization) through the HRDI's website in collaboration with the staffs of the institute.

3. Research Results

Objective 1: To improve the previous mathematic model for highland climate prediction by using some lowland climate factors.

The previous mathematic model for highland climate prediction which was constructed by using some lowland climate data in project phase 1 (2015) could be specifically used for seasonal rainfall prediction (each 4 months). It could not meet the need to take advantages of researchers who want to know the weekly and monthly rainfall prediction on highland areas, while the climate data used for model construction were derived from the lowland meteorological stations. Several researchers suggested it might not clearly explain the nature of climate change on highland. Therefore, the research team tried to improve the previous seasonal rainfall predicted model to be able to predict weekly, monthly and annual rainfall data by using the association of recorded lowland and highland climate data. Before climate model improvement and construction, the characteristics of these climate data were also studied in order to understand the fluctuation of climate system in both of lowland and highland as described below:

1.1 Lowland climate data in the north of Thailand

Monthly climate data from 30 meteorological stations in the north of Thailand consisted of rainfall data, maximum temperature, minimum temperature and relative humidity were carefully analyzed. It could be explained that the average annual rainfall was 1283.92 mm. During 1951-1993, the annual rainfall declined from 1447.12 mm to 953.51 mm and gradually increased to 1333.66 mm in the current period. The cyclical recurrence of rainfall was also studied by using the technique of spectral analysis and found the 2.3 to 2.4 years and 5.2 to 5.6 years of recurrences at 95% confidence level (Figure 1A). The relative humidity (RH) was slightly increase from 74.22% in 1951 to 75.63% in 2013 with the average of 73.25%. The RH did not illustrate the exact pattern of recurrence (Figure 1B), while the maximum temperature was likely to stabilize at 32.51 °C with a changing in the range of ± 1 °C. The cyclical recurrences of the maximum temperature were 2.1, 2.3-2.4, 2.8-3.3 and 3.6 years (Figure 1C). The minimum temperature raised from 20.61 °C in 1951 to 21.33 °C in 2013, while the average of annual minimum temperature was 20.79 °C with the cyclical recurrence in every 3.6 years at 95% confidence level (Figure 1D).

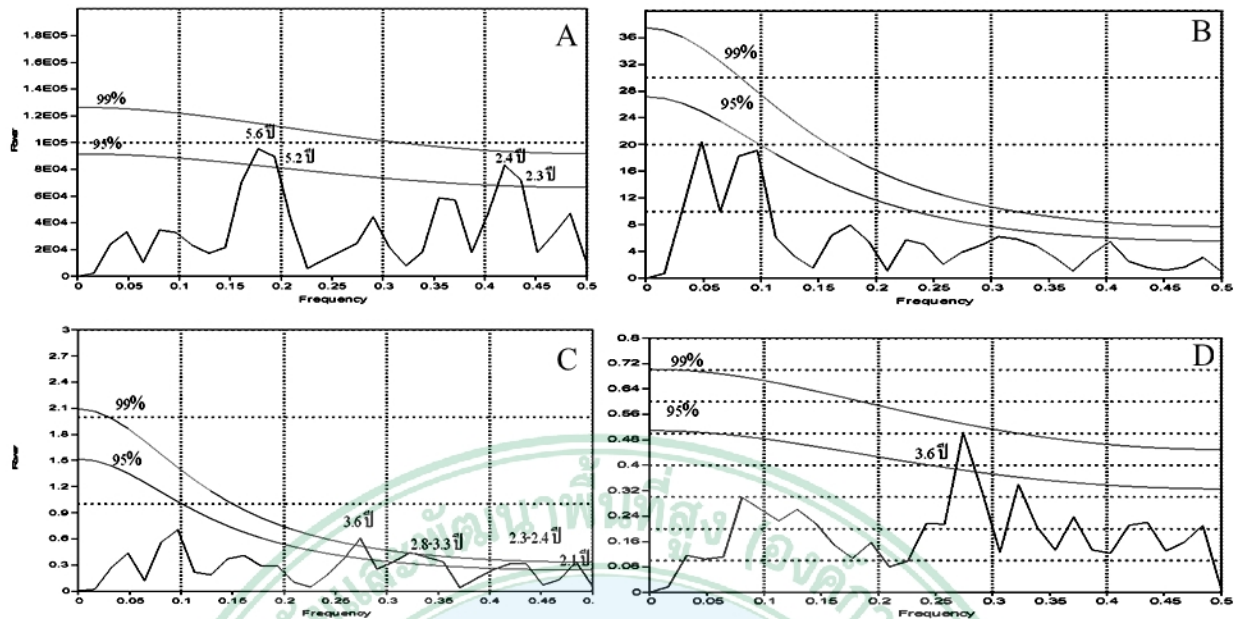


Figure 1 The cyclical recurrence of rainfall (A), relative humidity (B), maximum temperature (C) and minimum temperature (D) at 95% and 99% confidence levels.

1.2 Highland climate data in the north of Thailand

The climate data recorded from the 28 stations of the Highland Research and Development Institute (Public Organization) were not completed due to illustrate the lack of continuity of the monthly data which was the obstacle to indicate trends of annual climate changes. The lack of climate data since the Khun Sathan meteorological station in Nan province was established was the cause to eliminate the station data from the study, while the data derived from the rest of the 27 climate stations of the Highland Research and Development Institute (Public Organization) were applied for the predicted climate model construction. However, the monthly data of rainfall, relative humidity, maximum temperature, average temperature and minimum temperature could be used to classify these area groups with variations of climate by using the technique of factor analysis. The fluctuations of the monthly rainfall from all highland meteorological station could classify these 27 stations to 2 groups (Figure 2 A). The total annual rainfall of the first group was only 1,240.71 mm, while the total rainfall throughout the year of the second group was 2,393.08 mm. In addition, the total rainfall in the rainy season (May-October) of the first group was only 934.62 mm, while the total rainfall in the rainy season of the second group was 2,229.41 mm.

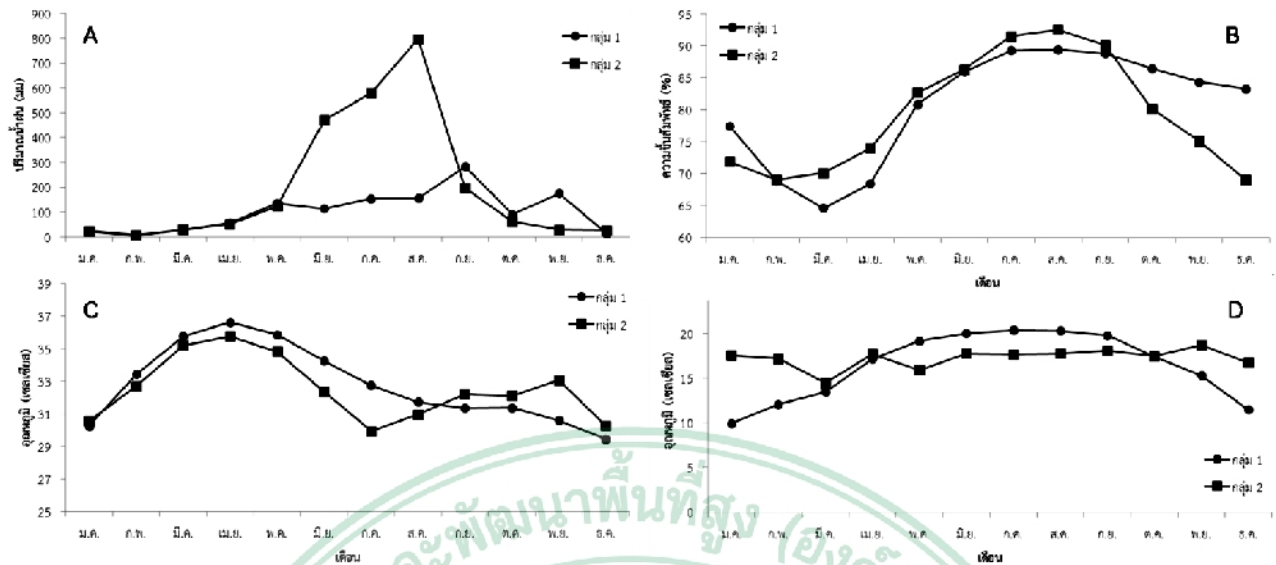


Figure 2 Monthly climate data of highland zones derived from the Highland Research and Development Institute (Public Organization): rainfall (A), relative humidity (B), maximum temperature (C) and minimum temperature (D).

The monthly relative humidity (RH) on highland zones could be divided into 2 groups (Figure 2B). The average monthly RH of the first and the second groups were 80.63% and 79.35%, respectively. The average monthly RH of the first group in summer (February-April) and rainy season (May-October) were 67.26% and 86.78%, respectively. There were lower than the average monthly RH of the second group in the same periods which were 71.03% and 87.21%, respectively. However, the average monthly RH in the winter (November-January) of the first group (81.69%) is higher than the second group 2 (71.95%). The variations of monthly data of maximum temperature could also be used to identify highland areas into 2 groups (Figure 2C). The average of maximum temperature of the first group was 32.80 °C. It was higher than the maximum temperature of the second group, which was 32.50 °C. The highest maximum temperature of both 2 groups could be recorded in the summer (February-April) for 35.28 °C and 34.56 °C, respectively. In both 2 groups, the maximum temperature were gradually declined in the rainy season (May-October) to 32.90 °C and 32.07 °C, respectively. The maximum temperature consistently declined into the winter (November- January), with the recorded values for 30.10 °C and 31.30 °C of the first and the second groups, respectively.

The variations of monthly data of minimum temperature could be used to classify the highland areas into 2 groups (Figure 2D). The minimum temperature of the first group was 16.37 °C, while the minimum temperature of the second group was 17.24 °C. The minimum temperature of the first group gradually raised from the winter (November-

January) to the summer (February-April) and continuously increased into the rainy season (May-October), with the values of 12.24 °C, 14.22°C and 19.50 °C, respectively. The minimum temperature of the second groups seem to be stabilized with the values in the winter, summer and rainy season for 17.67°C, 16.44 °C and 17.43 °C, respectively.

1.3 Model improvement for highland rainfall prediction

Model improvement for highland rainfall prediction by using the technique of artificial neural network could be generated 3 mathematic models which were able to predict the accumulated rainfall in term of weekly, monthly and annual rainfall. These 3 models were constructed and used instead of the previous model generated in 2015, which was able to predict the highland seasonal rainfall basing on the lowland climate data derived from the meteorological station in the north of Thailand. These 3 models were constructed basing on the lowland climate data association with the highland climate data derived from the Highland Research and Development Institute (Public Organization). The highland climate predicted models had been updated and tested their accuracy by using the calibration and verification method. The recorded rainfall data since 1959-2015 from 58 stations were divided into 2 series, called teaching and testing sets, at a ratio of 75:25. By using the artificial structure of 16-200-1, it could be found the high accuracy of both teaching and testing sets with a Coefficient of Determination (R^2) for 0.9960 at 95% confidence level and a Root Mean Square Error (RMSE) for 51.4309 mm of the teaching set. The R^2 and RMSE of the testing set were 0.9601 at 95% confidence level and 148.4894 mm, respectively (Figure 3).

Objective 2: To construct the mathematic models for highland climate prediction by using some climate data recorded by the Highland Research and Development Institute (Public Organization).

The six mathematic models were constructed in 2016 in order to predict weekly, monthly and annually highland climate of maximum and minimum temperature by using the technique of the artificial neural network. The maximum and minimum temperature since 1959-2015 from 58 stations were also divided into 2 series, called teaching and testing sets, at a ratio of 75:25. By using the artificial structure of 16-100-1 for the maximum temperature predicted model, it could be found the high accuracy of both teaching and testing sets with a Coefficient of Determination (R^2) for 0.9929 at 95% confidence level and a Root Mean Square Error (RMSE) for 0.2216 degrees Celsius of the teaching set. The R^2 and RMSE of the testing set were 0.7179 at 95% confidence level and 1.6923 degrees Celsius, respectively (Figure 4).

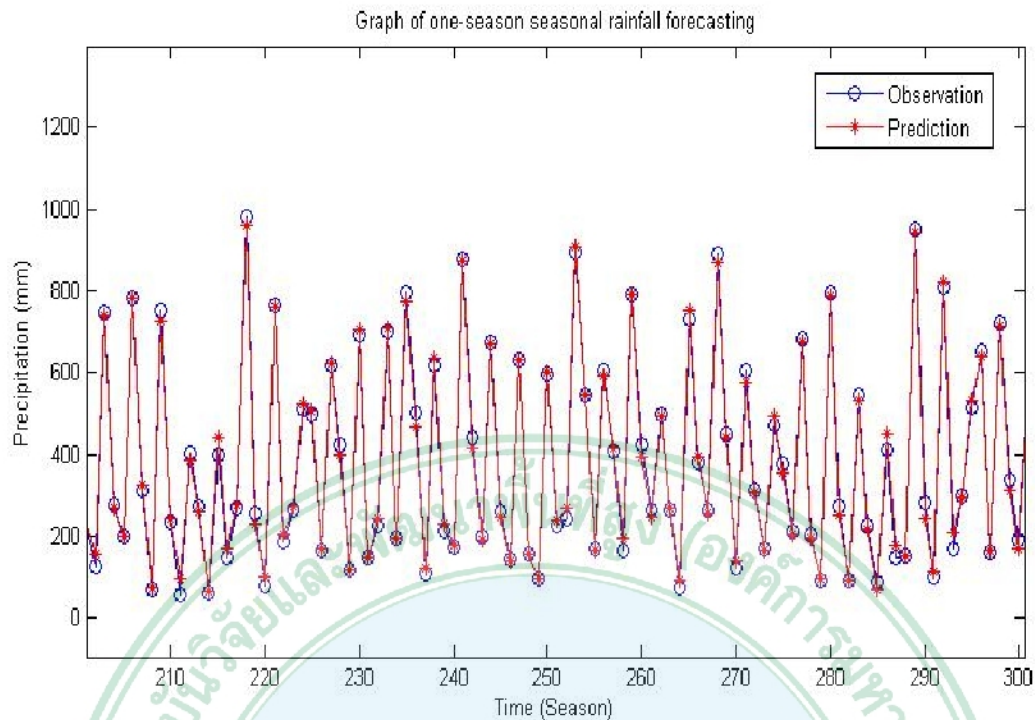


Figure 3 Predicted rainfall data compared with the recorded rainfall data derived from the meteorological station in the north of Thailand

The minimum temperature predicted model were done by using the artificial structure of 8-120-1. It could be found the high accuracy of both teaching and testing sets with a Coefficient of Determination (R^2) for 0.9960 at 95% confidence level and a Root Mean Square Error (RMSE) for 0.2421 degrees Celsius of the teaching set. The R^2 and RMSE of the testing set were 0.9321 at 95% confidence level and 1.1661 degrees Celsius, respectively (Figure 5).

Objective 3: To compare the accuracy of the previous and the new models for highland climate prediction.

The accuracy comparison between the 2 climate predicted models, which was constructed by using the lowland climate data and the combination of the lowland and the highland climate data derived from the Highland Research and Development Institute (Public Organization), could be indicated by using the Coefficient of Determination (R^2) and the Root Mean Square Error (RMSE) derived from the previous rainfall predicted model (constructed in 2015) and the present rainfall predicted model (constructed in 2016).

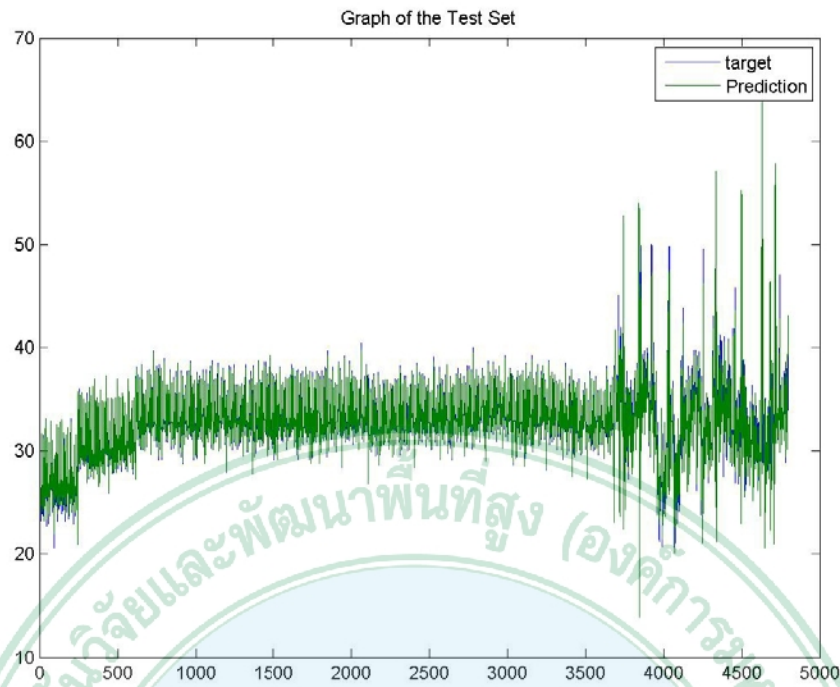


Figure 4 Predicted maximum temperature data compared with the recorded maximum temperature data derived from the meteorological station in the north of Thailand

It could be found that the accuracy of both rainfall predicted models constructed by using the lowland climate data and the combination of the lowland and highland climate data were similar, although the new model constructed in the current year used the number of climate factors for model construction lower than the previous model. At a 95% confidence level, the Coefficient of Determination (R^2) in a series of teaching and testing sets of the present model was 0.9960 and 0.9601, respectively. These values were closed to the R^2 of the previous models which were 0.9937 in the teaching set and 0.9902 in the testing set at a 95% confidence level. RMSE of the present model were 51.4309 mm and 148.4894 mm in the teaching and testing sets, respectively, while the RMSE of the previous model were 26.2730 mm and 25.7439 mm in the teaching and testing sets, respectively.

Objective 4: To connect the highland climate predicted models with the database of the Highland Research and Development Institute (Public Organization) through the HRDI's website in collaboration with the staffs of the institute.

The research team designed and constructed a climate database by using a free software, namely PHP (PHP Hypertext Preprocessor), which is a server-side scripting language designed primarily for web development on Microsoft SQL Server and displays them in the form of HTML. All users must sign in on the login page to enter the database of highland

climate prediction and the history of user data login will be stored in the system log database. The interface of the webpage was friendly designed and easier for users to select the monitoring stations, types of predicted climate data and predicted periods. The predicted climate data shown on the webpage can be saved as shown in Figure 6.

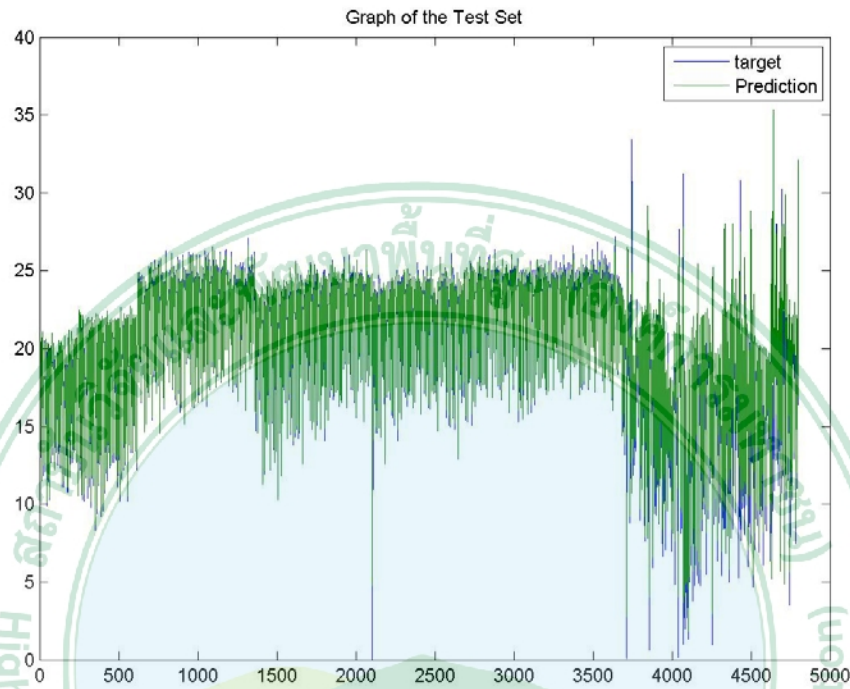


Figure 5 Predicted minimum temperature data compared with the recorded minimum temperature data derived from the meteorological station in the north of Thailand

4. Conclusion

The project of the “Weather Analysis and Database Construction for Research and Highland Developments in Thailand” collected the lowland and highland climate data in the north of Thailand and constructed the predicted climate models for climate database in the north of Thailand. The climate data of rainfall, temperature (maximum-minimum-average) and relative humidity which were analyzed in this project were derived from the 58 meteorological stations of the Meteorological Department and the Highland Research and Development Institute (Public Organization). The data analysis and the highland climate predicted models for database construction by using the combination of the highland and lowland climate data (in order to increase the sample sizes) indicated the increase trends of rainfall, temperature and relative humidity. The research team successfully constructed the mathematic models to predict the weekly, monthly and annual data of rainfall, maximum temperature and minimum temperature by using the technique of artificial neural network with the high accuracy at 95% confidence level. The team also designed and constructed a

climate database and displays them in the form of HTML via the website of the Highland Research and Development Institute (Public Organization). The interface of the webpage was friendly designed to facilitate all researcher, farmers and those interested in the research planning, cultivation and other highland developments in the future.



Figure 6 Searching site preview of the highland climate predicted database

5. Recommendation

The predicted climate models were successfully constructed by using the technique of the artificial neural network through a statistical software to predict rainfall, maximum temperature and minimum temperature in several periods of weekly, monthly and annual predictions. It could be found that all models illustrated the high accuracy at the 95% confidence level. However, due to the limitation of the system, the prediction could not automatically run by the system. It is necessary to manually input and update the recorded climate data by the researcher in order to re-check the accuracy of the input data and

increase the accuracy of models for the next period prediction. The administrator or the researcher who is responsible to this work must manually run the software to predict the climate in each specified period. Therefore, it is necessary for the administrator to understand the predicted system and the process to continuously update the correct data of the observed and predicted climate to the database for other registered users to download the predicted climate data throughout the website of the Highland Research and Development Institute (Public Organization).

The administrator of the climate predicted system can be substituted by using the advance statistical software in the enterprise version which commands for scheduled prediction can be used and managed following the requests of all users. However, the price for the authorization of the enterprise version is higher than the basic version. Therefore, the manual test of the predicted climate system by the researcher or the administrator might be better for the researcher to understand, meet the advantages-disadvantages and re-check the accuracy of the system in the first couple years. Later, the usage information of the climate predicted system will be the valuable data for the institute to decide to upgrade the manual system to be the automatic system by using the statistical software in the enterprise version.

Although, the model construction for the highland climate prediction by using the basic statistics of the time series analysis via the basic software, such as Microsoft excel and SPSS, will illustrate the lower accuracy than the construction by using the complex technique of the artificial neural networks due to the analysis based on the technique of multiple regression, it may be easier for researchers who are not familiar with computer languages and commands to construct their climate predicted models and check the accuracy of the models by themselves. Additionally, the input factors of the models can be immediately adjusted when the new meteorological equipment will be installed.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
คณะผู้วิจัย	ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ง
Executive Summary	จ
สารบัญเรื่อง	บ
สารบัญภาพ	ผ
สารบัญตาราง	ชช
บทคัดย่อ	ฅฅ
Abstract	ญญ
บทที่ 1 บทนำ	1
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	5
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	13
การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศระยะยาวบนพื้นที่สูง	13
การปรับปรุงแบบจำลองในการพยากรณ์ลักษณะสภาพภูมิอากาศในอนาคตใน ระยะสั้นของปีงบประมาณ พ.ศ. 2558	14
การสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์ลักษณะสภาพภูมิอากาศในอนาคตใน ระยะสั้น สำหรับปีงบประมาณ พ.ศ. 2559	14
การจัดทำฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูง	15
ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	16
สถานที่ดำเนินการวิจัย	16
แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	17
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	18
แผนงาน	18

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
แหล่งที่มาของข้อมูล	19
ข้อมูลทุติยภูมิด้านการวิจัยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงบนพื้นที่สูง ของประเทศไทย	21
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทางภาคเหนือของประเทศไทย	24
แบบจำลองการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูง	60
โครงสร้างต้นแบบ	93
การพัฒนาและออกแบบฐานข้อมูลกาลอากาศ	95
บทที่ 5 วิจัยผลการวิจัย	106
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	108
ข้อเสนอแนะ	110
เอกสารอ้างอิง	111
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือน จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา	117
ภาคผนวก ข การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือน จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา	146
ภาคผนวก ค การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา	175
ภาคผนวก ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา	204
ภาคผนวก จ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน จากสถานีตรวจวัดอากาศภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา	233
ภาคผนวก ฉ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัด อากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	262

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานี ตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	291
ภาคผนวก ข การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานี ตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	320
ภาคผนวก ฅ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัด อากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	349
ภาคผนวก ญ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานี ตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	378
ตารางสรุปเปรียบเทียบแผนงานวิจัยกับผลงานวิจัย	407
คู่มือการใช้โปรแกรมการพยากรณ์สภาพอากาศบนพื้นที่สูง	410

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	มูลค่าผลผลิตข้าวของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552–2554 โดยน้ำท่วมในฤดูฝน ในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) ได้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก	9
2-2	โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นซ่อนตัวเดียว	11
3-1	โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับการแปลงแบบเวฟเลต	15
4-1	แผนที่แสดงการกระจายตัวของสถานีข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	25
4-2	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ทางภาคเหนือของประเทศไทย	26
4-3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา	26
4-4	วัฏจักรการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%	27
4-5	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ทางภาคเหนือของประเทศไทย	27
4-6	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา	28
4-7	วัฏจักรการเกิดซ้ำของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%	28
4-8	อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ทางภาคเหนือของประเทศไทย	29
4-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา	29
4-10	วัฏจักรการเกิดซ้ำของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%	30
4-11	อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ทางภาคเหนือของประเทศไทย	30
4-12	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือ ของกรมอุตุนิยมวิทยา	31
4-13	วัฏจักรการเกิดซ้ำของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%	31
4-14	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ทางภาคเหนือของประเทศไทย	32
4-15	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศ ทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-16	วัฏจักรการเกิดซ้ำของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%	33
4-17	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนที่คล้ายคลึงกัน	36
4-18	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายปีของกลุ่มสถานีตรวจวัดอากาศทั้ง 2 กลุ่ม	36
4-19	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของความชื้นสัมพัทธ์ที่คล้ายคลึงกัน	37
4-20	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายปีของกลุ่มสถานีตรวจวัดอากาศทั้ง 2 กลุ่ม	37
4-21	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีที่คล้ายคลึงกัน	39
4-22	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีของกลุ่มสถานีตรวจวัดอากาศทั้ง 2 กลุ่ม	39
4-23	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	41
4-24	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของกลุ่มสถานีตรวจวัดอากาศทั้ง 2 กลุ่ม	41
4-25	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี	43
4-26	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีของกลุ่มสถานีตรวจวัดอากาศทั้ง 2 กลุ่ม	43
4-27	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน โดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	45
4-28	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน โดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	45
4-29	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนโดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	47
4-30	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน โดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	47
4-31	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนโดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-32	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน โดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	49
4-33	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของค่าเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนโดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	51
4-34	อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน โดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	51
4-35	การวิเคราะห์ปัจจัยและการแบ่งกลุ่มแนวโน้มการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุด เฉลี่ยรายเดือนโดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	53
4-36	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน โดยสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	53
4-37	ความสัมพันธ์กันของปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ และสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	56
4-38	ความสัมพันธ์กันของความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ และสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	57
4-39	ความสัมพันธ์กันของระดับอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ภาคเหนือและสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	58
4-40	ความสัมพันธ์กันของระดับอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ภาคเหนือและสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	59
4-41	ความสัมพันธ์กันของระดับอุณหภูมิต่ำสุดรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ภาคเหนือและสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	60
4-42	สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ภาคเหนือที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณน้ำฝนสะสมรายฤดูกาล	61
4-43	การแปลงเวฟเลตของข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยใช้ฟังก์ชันเวฟเลตแบบ Daubechies2 ที่ resolution ระดับ 1 และ 2	62
4-44	ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 สัปดาห์ เทียบกับค่าจริงที่ได้รับ จากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ภาคเหนือ	66
4-45	ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 สัปดาห์ เทียบกับค่าจริงที่ได้รับ จากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ภาคเหนือ	66

[illegible]

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-81 ระบบฐานข้อมูลอุทกนิยามวิทยานบนพื้นที่สูง	96
4-82 โครงสร้างระบบฐานข้อมูลการพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูง	99
4-83 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity-Relationship Diagram) ของระบบฐานข้อมูลกาลอากาศ	100
4-84 การจัดอบรมการใช้ฐานข้อมูลการพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	104
4-85 ตัวอย่างหน้าสืบค้นของเว็บไซต์ฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น	105
ก-1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	118
ก-2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	119
ก-3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดเชียงราย	120
ก-4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดเชียงราย	121
ก-5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	122
ก-6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	123
ก-7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	124
ก-8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	125
ก-9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	126
ก-10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	127
ก-11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดน่าน	128
ก-12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดน่าน	129
ก-13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน	130
ก-14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน	131

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก-15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์	132
ก-16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสีสาโรง (1) จังหวัดสุโขทัย	133
ก-17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสีสาโรง (2) จังหวัดสุโขทัย	134
ก-18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดตาก	135
ก-19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	136
ก-20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสามเภา จังหวัดตาก	137
ก-21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดตาก	138
ก-22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก	139
ก-23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	140
ก-24	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	141
ก-25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	142
ก-26	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	143
ก-27	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	144
ก-28	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	145
ข-1	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	147
ข-2	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	148
ข-3	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดเชียงราย	149
ข-4	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดเชียงราย	150

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-5	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	151
ข-6	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	152
ข-7	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	153
ข-8	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	154
ข-9	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	155
ข-10	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	156
ข-11	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดน่าน	157
ข-12	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดน่าน	158
ข-13	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครราชสีมา	159
ข-14	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน	160
ข-15	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี	161
ข-16	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสีสุราษฎร์ (1) จังหวัดสุโขทัย	162
ข-17	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสีสุราษฎร์ (2) จังหวัดสุโขทัย	163
ข-18	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดตาก	164
ข-19	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	165
ข-20	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสากเหล็ก จังหวัดตาก	166
ข-21	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดตาก	167
ข-22	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก	168

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-23	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	169
ข-24	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	170
ข-25	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	171
ข-26	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	172
ข-27	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	173
ข-28	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	174
ค-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	176
ค-2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	177
ค-3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดเชียงราย	178
ค-4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดเชียงราย	179
ค-5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	180
ค-6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	181
ค-7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	182
ค-8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	183
ค-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	184
ค-10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	185
ค-11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดน่าน	186

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค-12 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดน่าน	187
ค-13 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอน้ำฝาง จังหวัดน่าน	188
ค-14 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน	189
ค-15 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี	190
ค-16 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสว่าง (1) จังหวัดสุโขทัย	191
ค-17 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสว่าง (2) จังหวัดสุโขทัย	192
ค-18 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดตาก	193
ค-19 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	194
ค-20 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสว่าง จังหวัดตาก	195
ค-21 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดตาก	196
ค-22 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก	197
ค-23 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	198
ค-24 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	199
ค-25 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	200
ค-26 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	201
ค-27 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	202
ค-28 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	203

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ง-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	205
ง-2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	206
ง-3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดเชียงราย	207
ง-4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดเชียงราย	208
ง-5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	209
ง-6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	210
ง-7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	211
ง-8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	212
ง-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	213
ง-10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	214
ง-11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดน่าน	215
ง-12	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดน่าน	216
ง-13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน	217
ง-14	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน	218
ง-15	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์	219
ง-16	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอศรีสำโรง (1) จังหวัดสุโขทัย	220
ง-17	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอศรีสำโรง (2) จังหวัดสุโขทัย	221

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ง-18	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดตาก	222
ง-19	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	223
ง-20	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสากเหล็ก จังหวัดตาก	224
ง-21	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดตาก	225
ง-22	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก	226
ง-23	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	227
ง-24	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	228
ง-25	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	229
ง-26	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	230
ง-27	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	231
ง-28	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	232
จ-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	234
จ-2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน	235
จ-3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดเชียงราย	236
จ-4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดเชียงราย	237
จ-5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	238
จ-6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	239

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
จ-7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	240
จ-8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง	241
จ-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน	242
จ-10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่	243
จ-11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดน่าน	244
จ-12	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดน่าน	245
จ-13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน	246
จ-14	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน	247
จ-15	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์	248
จ-16	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสีสัโรง (1) จังหวัดสุโขทัย	249
จ-17	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสีสัโรง (2) จังหวัดสุโขทัย	250
จ-18	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (1) จังหวัดตาก	251
จ-19	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	252
จ-20	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอสามเงา จังหวัดตาก	253
จ-21	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง (2) จังหวัดตาก	254
จ-22	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก	255
จ-23	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	256

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
จ-24	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	257
จ-25	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	258
จ-26	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	259
จ-27	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร	260
จ-28	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร	261
ฉ-1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ขุนสถาน อ.น่าน้อย จ.น่าน	263
ฉ-2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ คลองลาน อ.ขาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	264
ฉ-3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ดอยปุย อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	265
ฉ-4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ถ้ำเวียงแก้ว อ.สองแคว จ.น่าน	266
ฉ-5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแซง อ.นาหมื่น จ.น่าน	267
ฉ-6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำเค็ม อ.นาหมื่น จ.น่าน	268
ฉ-7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแบ่ง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	269
ฉ-8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปากกล้วย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	270
ฉ-9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางยาง อ.ปัว จ.น่าน	271
ฉ-10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางหินฝน อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	272
ฉ-11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ป่าแป๋ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	273
ฉ-12	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางแดงใน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	274

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ฉ-13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางมะโอ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	275
ฉ-14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ บ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	276
ฉ-15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โป่งคำ อ.สันติสุข จ.น่าน	277
ฉ-16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ผาแตก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	278
ฉ-17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่จริม อ.แม่จริม จ.น่าน	279
ฉ-18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่ะล่อ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	280
ฉ-19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	281
ฉ-20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สลอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	282
ฉ-21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	283
ฉ-22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วังไผ่ อ.สองแคว จ.น่าน	284
ฉ-23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	285
ฉ-24	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	286
ฉ-25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบเมย อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	287
ฉ-26	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน	288
ฉ-27	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ห้วยเขย่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	289
ฉ-28	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โหล่งขอด อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	290
ช-1	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ขุนสถาน อ.น่าน้อย จ.น่าน	292

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ช-2	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ คลองลาน อ.ชาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	293
ช-3	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ดอยปุย อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	294
ช-4	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ถ้ำเวียงแก้ว อ.สองแคว จ.น่าน	295
ช-5	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแหว่ง อ.นาหมื่น จ.น่าน	296
ช-6	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำเค็ม อ.นาหมื่น จ.น่าน	297
ช-7	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแบ่ง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	298
ช-8	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปากกล้วย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	299
ช-9	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางยาง อ.ปัว จ.น่าน	300
ช-10	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางหินฝน อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	301
ช-11	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ป่าแป๋ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	302
ช-12	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางแดงใน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	303
ช-13	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางมะโอ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	304
ช-14	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ บ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	305
ช-15	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โป่งคำ อ.สันติสุข จ.น่าน	306
ช-16	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ผาแตก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	307
ช-17	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่จริม อ.แม่จริม จ.น่าน	308
ช-18	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่มะลอ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	309

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ช-19	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	310
ช-20	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สลอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	311
ช-21	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	312
ช-22	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วังใต้ อ.สองแคว จ.น่าน	313
ช-23	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	314
ช-24	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	315
ช-25	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบเมย อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	316
ช-26	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน	317
ช-27	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ห้วยเขย่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	318
ช-28	การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โหล่งขอด อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	319
ช-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ขุนสถาน อ.น่าน้อย จ.น่าน	321
ช-2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ คลองลาน อ.ชาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	322
ช-3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ดอยปุย อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	323
ช-4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ถ้ำเวียงแก้ว อ.สองแคว จ.น่าน	324
ช-5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแขวง อ.นาหมื่น จ.น่าน	325
ช-6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำเค็ม อ.นาหมื่น จ.น่าน	326
ช-7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแบ่ง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	327

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ซ-8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปากกล้วย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	328
ซ-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางยาง อ.ปัว จ.น่าน	329
ซ-10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางหินฝน อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	330
ซ-11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ป่าแป๋ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	331
ซ-12	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางแดงใน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	332
ซ-13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางมะโอ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	333
ซ-14	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ บ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	334
ซ-15	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โป่งคำ อ.สันติสุข จ.น่าน	335
ซ-16	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ผาแตก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	336
ซ-17	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่จริม อ.แม่จริม จ.น่าน	337
ซ-18	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่ะล่อ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	338
ซ-19	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	339
ซ-20	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	340
ซ-21	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	341
ซ-22	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วังไผ่ อ.สองแคว จ.น่าน	342
ซ-23	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศวาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	343
ซ-24	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	344

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ซ-25	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบเมย อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	345
ซ-26	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน	346
ซ-27	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ห้วยเขย่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	347
ซ-28	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โหล่งขอต อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	348
ฌ-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศขุนสถาน อ.น่าน้อย จ.น่าน	350
ฌ-2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศคลองลาน อ.ชาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	351
ฌ-3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศดอยปู่ อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	352
ฌ-4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ถ้ำเวียงแก้ว อ.สองแคว จ.น่าน	353
ฌ-5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศน้ำแขวง อ.นาหมื่น จ.น่าน	354
ฌ-6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศน้ำเค็ม อ.นาหมื่น จ.น่าน	355
ฌ-7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศน้ำแบ่ง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	356
ฌ-8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศปากกล้วย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	357
ฌ-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศปางยาง อ.ปัว จ.น่าน	358
ฌ-10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศปางหินฝน อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	359
ฌ-11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศป่าแป๋ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	360
ฌ-12	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศปางแดงใน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	361
ฌ-13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศปางมะโอ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	362

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ฅ-14	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศบ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	363
ฅ-15	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศโป่งคำ อ.สันติสุข จ.น่าน	364
ฅ-16	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศผาแตก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	365
ฅ-17	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศแม่จริม อ.แม่จริม จ.น่าน	366
ฅ-18	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศแม่ะล่อ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	367
ฅ-19	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศแม่สล่อง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	368
ฅ-20	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศแม่สลอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	369
ฅ-21	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศแม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	370
ฅ-22	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศวังไผ่ อ.สองแคว จ.น่าน	371
ฅ-23	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศควาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	372
ฅ-24	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศสบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	373
ฅ-25	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศสบเมย อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	374
ฅ-26	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศสะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน	375
ฅ-27	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศห้วยเขย่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	376
ฅ-28	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศโหล่งขอด อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	377
ญ-1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ขุนสถาน อ.น่าน้อย จ.น่าน	379
ญ-2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ คลองลาน อ.ชาณุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร	380

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ญ-3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ดอยปุย อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	381
ญ-4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ถ้ำเวียงแก้ว อ.สองแคว จ.น่าน	382
ญ-5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแขวง อ.นาหมื่น จ.น่าน	383
ญ-6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำเค็ม อ.นาหมื่น จ.น่าน	384
ญ-7	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ น้ำแบ่ง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	385
ญ-8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปากกล้วย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	386
ญ-9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางยาง อ.ปัว จ.น่าน	387
ญ-10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางหินฝน อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	388
ญ-11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ป่าแป๋ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	389
ญ-12	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางแดงใน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	390
ญ-13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ปางมะโอ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	391
ญ-14	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ บ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	392
ญ-15	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โป่งคำ อ.สันติสุข จ.น่าน	393
ญ-16	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ผาแตก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่	394
ญ-17	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่จริม อ.แม่จริม จ.น่าน	395
ญ-18	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่มะล่อ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	396
ญ-19	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	397

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ญ-20	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สอง อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	398
ญ-21	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ แม่สามแลบ อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	399
ญ-22	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วังไผ่ อ.สองแคว จ.น่าน	400
ญ-23	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	401
ญ-24	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	402
ญ-25	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สบเมย อ.สบเมย จ.แม่ฮ่องสอน	403
ญ-26	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ สะเนียน อ.เมืองน่าน จ.น่าน	404
ญ-27	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ห้วยเขย่ง อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	405
ญ-28	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โหล่งขอด อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	406

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา	19
4-2	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	20
4-3	ค่าค่าสหสัมพันธ์รายปีของตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ จากกรมอุตุนิยมวิทยา	34
4-4	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีสอดคล้องกัน	35
4-5	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีสอดคล้องกัน	38
4-6	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีสอดคล้องกัน	40
4-7	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีสอดคล้องกัน	42
4-8	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศทางภาคเหนือของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีสอดคล้องกัน	44
4-9	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่มีรูปแบบ การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสอดคล้องกัน	46
4-10	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่มีรูปแบบ การกระจายตัวของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนสอดคล้องกัน	48
4-11	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่มีรูปแบบ การกระจายตัวของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนสอดคล้องกัน	50
4-12	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่มีรูปแบบ การกระจายตัวของอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสอดคล้องกัน	52
4-13	รายชื่อสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่มีรูปแบบ การกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนสอดคล้องกัน	54
4-14	ค่าค่าสหสัมพันธ์รายเดือนของตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ จากสถานีตรวจวัดอากาศบนพื้นที่สูง สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-15	ค่าทางสถิติจากการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับร่วมกับการแปลงแบบเวฟเลต โดยมีโครงสร้าง 16-200-1 ของแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ภาคเหนือ	64
4-16	ค่าทางสถิติของแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายสัปดาห์ในพื้นที่ภาคเหนือ	65
4-17	ค่าทางสถิติของแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในพื้นที่ภาคเหนือ	70
4-18	ค่าทางสถิติจากการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับร่วมกับการแปลงแบบเวฟเลต โดยมีโครงสร้าง 16-100-1 ของแบบจำลองการพยากรณ์ระดับอุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่ภาคเหนือ	74
4-19	ค่าทางสถิติของแบบจำลองการพยากรณ์อุณหภูมิสูงสุดรายสัปดาห์ในพื้นที่ภาคเหนือ	75
4-20	ค่าทางสถิติของแบบจำลองการพยากรณ์อุณหภูมิสูงสุดรายเดือน ในพื้นที่ภาคเหนือ	80
4-21	ค่าทางสถิติจากการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับร่วมกับการแปลงแบบเวฟเลต โดยมีโครงสร้าง 8-120-1 ของแบบจำลองการพยากรณ์ระดับอุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่ภาคเหนือ	83
4-22	ค่าทางสถิติของแบบจำลองการพยากรณ์อุณหภูมิต่ำสุดรายสัปดาห์ในพื้นที่ภาคเหนือ	84
4-23	ค่าทางสถิติของแบบจำลองการพยากรณ์อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือนในพื้นที่ภาคเหนือ	89
4-24	users	101
4-25	user_groups	101
4-26	station	101
4-27	province	102
4-28	prediction_types	102
4-29	prediction_daily	102
4-30	prediction_weekly	103
4-31	prediction_result	103

บทคัดย่อ

การศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลกาลอากาศสำหรับงานวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงของประเทศไทยมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายรูปแบบการผันแปรของสภาพภูมิอากาศและปรับปรุงแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงให้มีความถูกต้องแม่นยำ โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศบนพื้นที่ราบทางภาคเหนือที่จัดบันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศบนพื้นที่สูงที่บันทึกโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) รวม 58 สถานี จากนั้นทำการเชื่อมโยงฐานข้อมูลแบบจำลองระบบพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงผ่านทางเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศทั้ง 2 แหล่งข้อมูล พบว่า ชนิดของข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันที่มีการจัดเก็บเช่นเดียวกัน คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์

จากการศึกษารูปแบบข้อมูลภูมิอากาศ พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยมีวัฏจักรการเกิดซ้ำจากการวิเคราะห์สเปกตรัล (Spectral analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทุกๆ 2.3-2.4 ปี และ 5.2-5.6 ปี ตามลำดับ ในขณะที่ระดับอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคงที่ในช่วง ± 1 องศาเซลเซียส และมีวัฏจักรการเกิดซ้ำทุกๆ 2.1-3.6 ปี ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมีวัฏจักรการเกิดซ้ำทุกๆ 3.6 ปี สำหรับการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, วิธี Pearson) พบว่า อุณหภูมิสูงสุดมีความผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน (ความสัมพันธ์เชิงบวก) อย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิเฉลี่ย ($r=0.757$) และอุณหภูมิต่ำสุด ($r=0.358$) และมีความผันแปรไปในทิศทางตรงข้ามกัน (ความสัมพันธ์เชิงลบ) อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝน ($r=-0.497$) และความชื้นสัมพัทธ์ ($r=-0.577$)

ข้อมูลภูมิอากาศดังกล่าวได้นำมาประมวลเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับพยากรณ์อากาศรายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองปริมาณน้ำฝน แบบจำลองอุณหภูมิสูงสุด และแบบจำลองอุณหภูมิต่ำสุด โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ทำให้สามารถพยากรณ์อากาศบนพื้นที่สูงล่วงหน้าได้มากกว่า 1 ช่วงเวลา และมีความแม่นยำในการพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับฐานข้อมูลกาลอากาศดำเนินการโดยใช้ภาษา PHP (PHP Hypertext Preprocessor) มาจัดทำเว็บไซต์บนฐานข้อมูล Microsoft SQL Server และแสดงผลในรูปแบบ HTML โดยโครงร่างต้นแบบที่สร้างขึ้นมี login page ให้ผู้ใช้แสดงตนก่อนเข้าใช้ฐานข้อมูลพยากรณ์สภาพภูมิอากาศและมีการเก็บข้อมูลผู้ใช้ฐานข้อมูลใน system log ผู้ใช้ต้องทำการเลือกสถานีตรวจวัด ข้อมูลอากาศที่ต้องการทำนาย และคาบเวลาที่ต้องการ โดยผลการศึกษาที่ได้จะแสดงในรูปแบบภูมิทัศน์ที่ผู้ใช้สามารถบันทึกผลและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

คำสำคัญ โครงข่ายประสาทเทียม, โครงร่างต้นแบบ, การวิเคราะห์สเปกตรัล, ฐานข้อมูลกาลอากาศ

ABSTRACT

The Weather analysis and database construction for research and highland developments in Thailand aimed to explain the variation of weather and develop the accurate models for highland climatic forecasting system by using the lowland climate data in the north recorded by the Meteorological Department association with highland climate data recorded by the Highland Research and Development Institution (Public Organization) for 58 stations. The database of weather forecasting system were connected and published via the website of the Highland Research and Development Institution (Public Organization). Types of daily climate data derived from both 2 sites of the Meteorological Department and the Highland Research and Development Institution (Public Organization) were similar for 5 categories including rainfall, maximum temperature, mean temperature, minimum temperature and relative humidity.

The studies of climate fluctuations indicated the increasing trend of the annual rainfall which the occurred cycle analyzed by using the Spectral Analysis at the 95% accuracy was 2.3-2.4 yrs and 5.2-5.6 yrs, respectively while the maximum temperature was fluctuated for ± 1 °C with the occurred cycle of 2.1-3.6 yrs. The trend of the minimum temperature was increase with the occurred cycle of 3.6 yr. By using the regression analysis, the maximum temperature was significantly related (positive correlation) in the same direction with the mean temperature ($r=0.757$) and the minimum temperature ($r=0.358$). It also illustrated the significant relationship (negative correlation) in the opposite direction with the rainfall ($r=-0.497$) and the relative humidity ($r=-0.577$).

These climate data were then analyzed and were constructed the weekly, monthly, and annual climate forecasting models of the rainfall, the maximum temperature and the minimum temperature by using the technique of Artificial Neural Network which will forecast the precise highland climate data longer than 1 period with the higher accuracy at 95% significance.

The weather database was done by using the PHP (PHP Hypertext Preprocessor) for website construction on Microsoft SQL Server and was illustrated in HTML pattern. The login page were necessary for all users to express themselves before using the weather forecasting database and the system log was also recorded. For using, the weather station, type of climate data and duration were respectively selected and the forecasting data was illustrated in both of table and graphic representation. Finally, these results could be saved and continuously used by all login users.

Keywords: Artificial Neural network, Prototype, Spectral analysis, Weather database