



การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
ในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน

วิทยานิพนธ์

ของ

ไวยชา นิสสารวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มีนาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
ในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน

วิทยานิพนธ์

ของ

ไวยยา นิสาวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มีนาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

DEVELOPMENT OF WATER EVAPORATION MODELS UNDER LOCAL
CLIMATE CHANGE FOR WATER SOURCES IN THE NORTHEAST

BY

WAICHAYA NISSAWAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

The Master of Science Degree in Physics

at Sakon Nakhon Rajabhat University

March 2024

All Right Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat Universit



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำ
ในพื้นที่ภาคอีสาน

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ ไชยยา นิสสวารณ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ กรรมการสอบและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสระ มะศิริ) และผู้ทรงคุณวุฒิ (รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ คำหาญ) ประธานที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

..... กรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร)

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 26 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ คำหาญ อาจารย์ปรึกษานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำ เสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสระ มะศิริ อาจารย์ประจำภาควิชา ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การแนะนำ ช่วยเหลือในการเขียน โปรแกรม IDL ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย และกรุณาเสียสละเวลามาเป็นกรรมการ ในการสอบเค้าโครง และสอบปกป้องวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้บริการข้อมูลการระเหยของน้ำ

ขอขอบคุณ National Aeronautics and Space Administration (NASA) ที่ให้บริการข้อมูลรังสีอาทิตย์จากดาวเทียม Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)

ขอขอบคุณ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ที่ให้บริการข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา ของผู้วิจัย และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนจนผู้วิจัยสามารถดำรงตน และบรรลุผลสำเร็จในปัจจุบัน

ไวทยา นิสาวรรณ

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน
ผู้วิจัย	ไฉยา นิสาวรรณ
กรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ คำหาญ
ปริญญา	วท.ม. (ฟิสิกส์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ในช่วงที่ผ่านมาสภาพอากาศที่รุนแรง แห้งแล้งในฤดูแล้ง และน้ำท่วมในฤดูฝน เป็นปัญหาทางการเกษตรที่ต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วน แหล่งน้ำขนาดเล็กมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนเศรษฐกิจท้องถิ่นในบริเวณนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับระบบอุทกวิทยาของแหล่งน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งจะทำให้การจัดการน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานนี้มุ่งเน้นไปที่พัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำโดยใช้ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์และพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา รังสีดวงอาทิตย์ได้จาก CERES และพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาได้มาจาก NOAA จากนั้นนำข้อมูลการระเหยของน้ำจากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการระเหยได้มาจากการอุตุนิยมวิทยา จากการศึกษาพบว่า R^2 มากกว่า 0.7 แบบจำลองที่เหมาะสมถูกใช้มากที่สุด คือ แบบจำลองที่ 4 นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าการระเหยของน้ำมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน จังหวัดที่พบค่าการระเหยของน้ำมากที่สุด คือ จังหวัดชัยภูมิ

คำสำคัญ: การระเหยของน้ำ แบบจำลองเชิงเส้นแบบผสม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

TITLE	Development of Water Evaporation Models under Local Climate Change for Water Sources in the Northeast
AUTHOR	Waichaya Nissawan
ADVISORS	Assoc. Prof. Dr. Wilawan Kumharn
DEGREE	M.Sc. (Physics)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2024

ABSTRACT

In the northeastern region of Thailand, most of the population is engaged in agriculture. In recent periods, severe weather conditions have been drying during the dry season and flooding during the rainy season. It is an agricultural problem that urgently needs to be solved. Small bodies of water play an important role in supporting the local economy in this area. Information about the hydrologic systems of water sources is therefore essential. This will enable efficient water management. Thus, this work focuses on evaporation in small water systems. They developed a water evaporation model using solar radiation data and meteorological parameters. Solar radiation is obtained from CERES, and meteorological parameters are obtained from NOAA. Water evaporation data from the model are then compared with evaporation data from the Meteorological Department. The study found that R^2 was greater than 0.7. The most appropriate model was Model 4. In addition, it was found that water evaporation values are highest from March to June. The province with the highest water evaporation values was Chaiyaphum.

Keywords: Evaporation, Linear mixed effect, Northeastern Thailand

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	5
กรอบแนวคิดของการวิจัย	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
การระเหยของน้ำ	7
ความหมายการระเหยของน้ำ	7
แนวคิดทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง	8
โมเดลเชิงเส้นแบบผสม (Linear Mixed Model)	8
แนวคิดเกี่ยวกับฐานข้อมูล	9
Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)	9
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	9
National Center for Atmospheric Research (NCAR)	10
สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติภาค 3	10
กรมอุตุนิยมวิทยา	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
งานวิจัยในประเทศ	12
งานวิจัยต่างประเทศ	15

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีการดำเนินการวิจัย 24
	ขั้นตอนการวิจัย 24
	พื้นที่ศึกษา..... 25
	การเก็บรวบรวมข้อมูล 25
	การวิเคราะห์ข้อมูล 25
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 26
	การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) 26
	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression Analysis) 27
	p-value..... 28
	ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)..... 29
	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation Coefficient) 30
	รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง Root Mean Square Error 31
	ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Error) 32
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 33
	ซอฟต์แวร์สำหรับการวิจัย..... 33
	ข้อมูลสำหรับการวิจัย 34
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 34
	การเปรียบเทียบข้อมูลรังสีอาทิตย์ระหว่างสถานีสกลนคร กับข้อมูลดาวเทียม.....34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่นำมาศึกษา	35
การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวแปรทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่มี	
ผลต่อแบบจำลอง	39
การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำ	40
การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการระเหยของน้ำ	42
การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้กับค่าที่ได้จาก	
แบบจำลองรายปีของแต่ละจังหวัด	48
การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้กับค่าที่ได้จาก	
แบบจำลองรายปีของแต่ละจังหวัด	59
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	70
ความมุ่งหมายของการวิจัย	70
การเก็บรวบรวมข้อมูล	70
การวิเคราะห์ข้อมูล	71
สรุปผล	72
อภิปรายผล	73
ข้อเสนอแนะ	74
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์	81
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ	87
ภาคผนวก ค รวบรวมผลงานระดับนานาชาติ	90
ภาคผนวก ง ประวัติย่อของผู้วิจัย	92

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจากข้อมูลดาวเทียมตลอดทั้งปี.....	36
2 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจากข้อมูลดาวเทียมช่วงฤดูฝน.....	37
3 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจากข้อมูลดาวเทียมช่วงฤดูแล้ง	38
4 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของข้อมูลการระเหยของน้ำกับตัวแปร.....	39
5 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	40
6 สัมประสิทธิ์ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ.....	41
7 ค่าเฉลี่ย, R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดิน กับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME ตลอดทั้งปี.....	42
8 สัมประสิทธิ์ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 ฤดูแล้ง	43
9 ข้อมูล R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดิน กับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME ฤดูแล้ง.....	45
10 สัมประสิทธิ์ของ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 ฤดูฝน.....	46
11 ข้อมูล R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดิน กับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME ฤดูฝน	47

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	6
2	กราฟแสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์จากสถานี SNRU.....	35
3	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอำนาจเจริญ	49
4	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบึงกาฬ.....	49
5	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบุรีรัมย์.....	50
6	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดชัยภูมิ.....	50
7	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดกาฬสินธุ์.....	51
8	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดขอนแก่น.....	51
9	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดเลย.....	52
10	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมหาสารคาม.....	52
11	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมุกดาหาร.....	53
12	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครพนม.....	53
13	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครราชสีมา.....	54
14	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองบัวลำภู.....	54

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

15	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองคาย	55
16	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดร้อยเอ็ด	55
17	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสกลนคร	56
18	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดศรีสะเกษ	56
19	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสุรินทร์	57
20	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุบลราชธานี	57
21	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุดรธานี	58
22	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดยโสธร	58
23	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอำนาจเจริญ	59
24	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบึงกาฬ	60
25	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบุรีรัมย์	60
26	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดชัยภูมิ	61
27	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดกาฬสินธุ์	61

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

28	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดขอนแก่น	62
29	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดเลย	62
30	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมหาสารคาม	63
31	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมุกดาหาร.....	63
32	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครพนม	64
33	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครราชสีมา.....	64
34	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองบัวลำภู.....	65
35	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองคาย	65
36	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดร้อยเอ็ด.....	66
37	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสกลนคร	66
38	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดศรีสะเกษ	67
39	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสุรินทร์.....	67
40	แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุบลราชธานี	68

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
41 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุดรธานี.....	68
42 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับ ข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดยโสธร.....	69
43 เข้าร่วมงาน “2023 Kaohsiung International Invention and Design EXPO” (KIDE 2023).....	91

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

โลกของเราประกอบขึ้นด้วยส่วนที่เป็นพื้นดินและส่วนที่เป็นพื้นน้ำ โดยส่วนที่เป็นพื้นน้ำนั้น มีอยู่ประมาณ 3 ส่วน หรือประมาณ 75% และเป็นพื้นดิน 1 ส่วน หรือประมาณ 25% น้ำเป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดหมุนเวียนได้เรื่อย ๆ ไม่มีวันหมดสิ้น เมื่อรังสีอาทิตย์ส่งมาบนพื้นโลก น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น ทะเล มหาสมุทร แม่น้ำลำคลองหนอง บึง ทะเลสาบ หรือจากการคายน้ำของพืช จากการขับถ่ายของเสียของสิ่งมีชีวิต และจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำรงชีวิต ของมนุษย์ จะระเหยขึ้นไปในบรรยากาศ เบื้องบนเนื่องจากไอน้ำมีความเบากว่าอากาศ เมื่อไอน้ำลอยสู่เบื้องบนแล้ว กระทบกับอุณหภูมิของบรรยากาศเบื้องบนที่เป็นอุณหภูมิที่ต่ำก็จะกลั่นตัวกลายเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ และจับตัวกันเป็นกลุ่มเมฆ และเมื่อมีการจับตัวกันมากขึ้นแล้วกระทบกับอุณหภูมิที่ต่ำมาก ๆ ก็จะกลั่นตัวกลายเป็นเม็ดฝนแล้วตกลงมายังพื้นโลกอีกครั้ง และน้ำบนพื้นโลกจะระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปในบรรยากาศเบื้องบนอีกครั้งเมื่อได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และรวมตัวกันเป็นก้อนเมฆแล้วและกลั่นตัวเป็นเม็ดฝน กระบวนการเช่นนี้จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรหมุนเวียนไปเรื่อย ๆ เรียกวัฏจักรนี้ว่า วัฏจักรของน้ำ ทำให้น้ำเกิดขึ้นที่บนพื้นโลกอยู่อย่างสม่ำเสมอ (ทรัพยากรน้ำ, 2023)

ปริมาณน้ำบนโลกจะมีน้ำทะเลหรือน้ำเค็มอยู่มากถึง 97% ที่เหลือเป็นน้ำจืดเพียงร้อยละ 3 และจากน้ำจืด 3% ถ้าคิดเป็น 100% พบว่า ปริมาณน้ำจืดบนโลกจะเป็นธารน้ำแข็งและภูเขาน้ำแข็งมากถึง 70% และอีก 29% จะเป็นน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลที่เหลือ 1% จะเป็นน้ำผิวดิน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2023) น้ำผิวดินนั้นจัดได้ว่าเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่นำมาอุปโภคและบริโภคกันเป็นอย่างมากไม่แพ้จากแหล่งน้ำประเภทอื่น และถ้าเป็นการทำระบบน้ำประปาแล้วนั้นส่วนใหญ่จะนำแหล่งน้ำ

ผิวดินมาใช้เป็นส่วนมาก เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่หาได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็น ห้วย หนอง คลอง บึง แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีแหล่งอยู่น้ำมากมายเพียง แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการอุปโภคและบริโภคที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ของมนุษย์ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการบริหารจัดการน้ำที่ดี เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

ประเทศไทยของเรานั้น เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทำการเกษตรเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีดินที่ดี มีแหล่งน้ำที่ดี และอยู่ในพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับลมฝนตลอดทั้งปี ถึงแม้ว่าประเทศไทยเรานั้นจะไม่เคยขาดฝนเลย แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีปัญหาในเรื่องของการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่เพื่อให้เกิดผลสูงสุดในการใช้น้ำ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ระบบอุทกวิทยาจำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการบริหารจัดการน้ำเพื่อให้เกษตรกรนั้นสามารถพัฒนาแหล่งน้ำใช้ เพื่อให้การทำการเกษตรมีน้ำใช้หมุนเวียนอยู่ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำเล็กที่มีอยู่เกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการช่วยเพิ่มปริมาณน้ำสำหรับการเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศและในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวนมากในภูมิภาค ซึ่งมีส่วนช่วยในการปรับปรุงการชลประทาน การพัฒนาเศรษฐกิจ และความเป็อยู่ที่ดีทางสังคมของประชากร ช่วยในการจัดสรรน้ำใช้ในภาคการเกษตรให้ทั่วถึง จำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแหล่งน้ำขนาดเล็ก จากการที่ภาคอีสานนั้นมีข้อจำกัดในการบริหารจัดการน้ำที่สูงกว่าภาคอื่น เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ อีกทั้งการกักเก็บและการกระจายน้ำ เมื่อฝนตกภาคอีสานนั้นกักเก็บน้ำได้น้อยถ้าเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา เนื่องจากดินของภาคอีสานนั้นเป็นดินทรายทำให้ไม่อุ้มน้ำอีกทั้งยังเป็นดินเค็ม พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคอีสานจะเป็นที่ราบสูงสลับกับพื้นที่ราบแบบลูกคลื่น ไม่มีภูเขาล้อมรอบจึงไม่เหมาะที่จะสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ และนอกจากนี้แล้ว ภาคอีสานส่วนใหญ่เน้นการกระจายน้ำจากแหล่งน้ำจะกระจายได้เพียงระยะทางไม่เกิน 5 กิโลเมตร และพื้นที่ส่วนใหญ่จะไม่ติดกับลุ่มน้ำ ทำให้เกษตรกรมีข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งน้ำ เนื่องจากยังขาดการบริหารจัดการน้ำที่ดีและข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งน้ำ ทำให้ส่วนใหญ่เกษตรกรสามารถทำการเกษตรได้เฉพาะช่วงฤดูฝน ภาคเกษตรกรรมในภาคอีสานจึงไม่สามารถเป็นแหล่งจ้างงานได้ต่อเนื่องตลอดทั้งปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2023)

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบันมีความรุนแรงมากขึ้นทั่วโลกและรวมถึงในประเทศไทย จะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) ในช่วงฤดูแล้งและการลดลงของปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนในแต่ละปี การระเหยของน้ำมีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลโดยตรงต่อการระเหยของน้ำในแหล่งน้ำ เนื่องจากอากาศที่ร้อนสามารถกักเก็บและกระจายความชื้นได้มากขึ้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของอากาศ ทำให้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีบทบาทสำคัญต่อการระเหยของน้ำ

การระเหยของน้ำเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอัตราการระเหยของน้ำซึ่งในปัจจุบันถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ การระเหยของน้ำสามารถติดตั้งบนพื้นดินหรือภายในอ่างเก็บน้ำเพื่อประเมินการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ค่าการระเหยของน้ำที่ได้จากการระเหยของน้ำนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากเกิดการดูดซับความร้อนที่ด้านข้างของอาคารระเหยของน้ำและกระเซ็นของน้ำ อย่างไรก็ตาม การประเมินค่าการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำด้วยอาคารระเหยของน้ำเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้กันมากที่สุดและเชื่อถือได้ มีการนำไปใช้ในหลายพื้นที่โดยเฉพาะในลุ่มน้ำหลัก แต่ในแหล่งน้ำขนาดเล็กในชุมชน (ห้วย หนอง คลอง และบึง) ยังไม่มีการนำไปใช้เนื่องจากเครื่องมือวัดมีค่อนข้างจำกัดและต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูงในการจัดซื้อและติดตั้ง การนำข้อมูลทางอุตุนิยมมาใช้ในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์การระเหยของน้ำจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือก เนื่องจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากดาวเทียมและข้อมูลภาคพื้นดินมีจำนวนมากและเป็นข้อมูลที่เข้าถึงได้ง่ายครอบคลุมทุกพื้นที่ในประเทศไทยแต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างสูงเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น การพัฒนาแบบจำลองในการประเมินค่าอัตราการระเหยของน้ำจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับพื้นที่

การระเหยของน้ำมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงสมดุลของพลังงานในชั้นบรรยากาศโลก และถือเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่สุดสำหรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและวัฏจักรของน้ำ กระบวนการระเหยน้ำเป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อนระหว่างดินและบรรยากาศในลุ่มน้ำและเป็นตัวกำหนดระดับความชื้นอากาศในแต่ละภูมิภาค ดังนั้นคณะผู้วิจัยจะทำวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้เงื่อนไขการ

เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับพื้นที่ สำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนบนเพื่อเป็นแบบจำลองในการประมาณค่าการระเหยของน้ำในพื้นที่ที่ยังไม่มีเครื่องมือวัดเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้ง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน
3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาริวิจัยเกี่ยวกับการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความสำคัญของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. ด้านวิชาการ
การนำผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์ด้านวิชาการ ทั้งการวิจัย การเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการเผยแพร่และต่อยอดองค์ความรู้
2. ด้านสังคม
ส่งผลกระทบเชิงบวกต่อประชาชนในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือการพัฒนาอย่างยั่งยืนของคน ชุมชน ท้องถิ่น สังคมและสิ่งแวดล้อม
3. ด้านนโยบาย
องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยหน่วยงานสำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 3 จังหวัดอุดรธานี จะนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้ง เพื่อการผลักดันไปสู่นโยบายการแก้ปัญหาภัยแล้งในระดับประเทศต่อไป

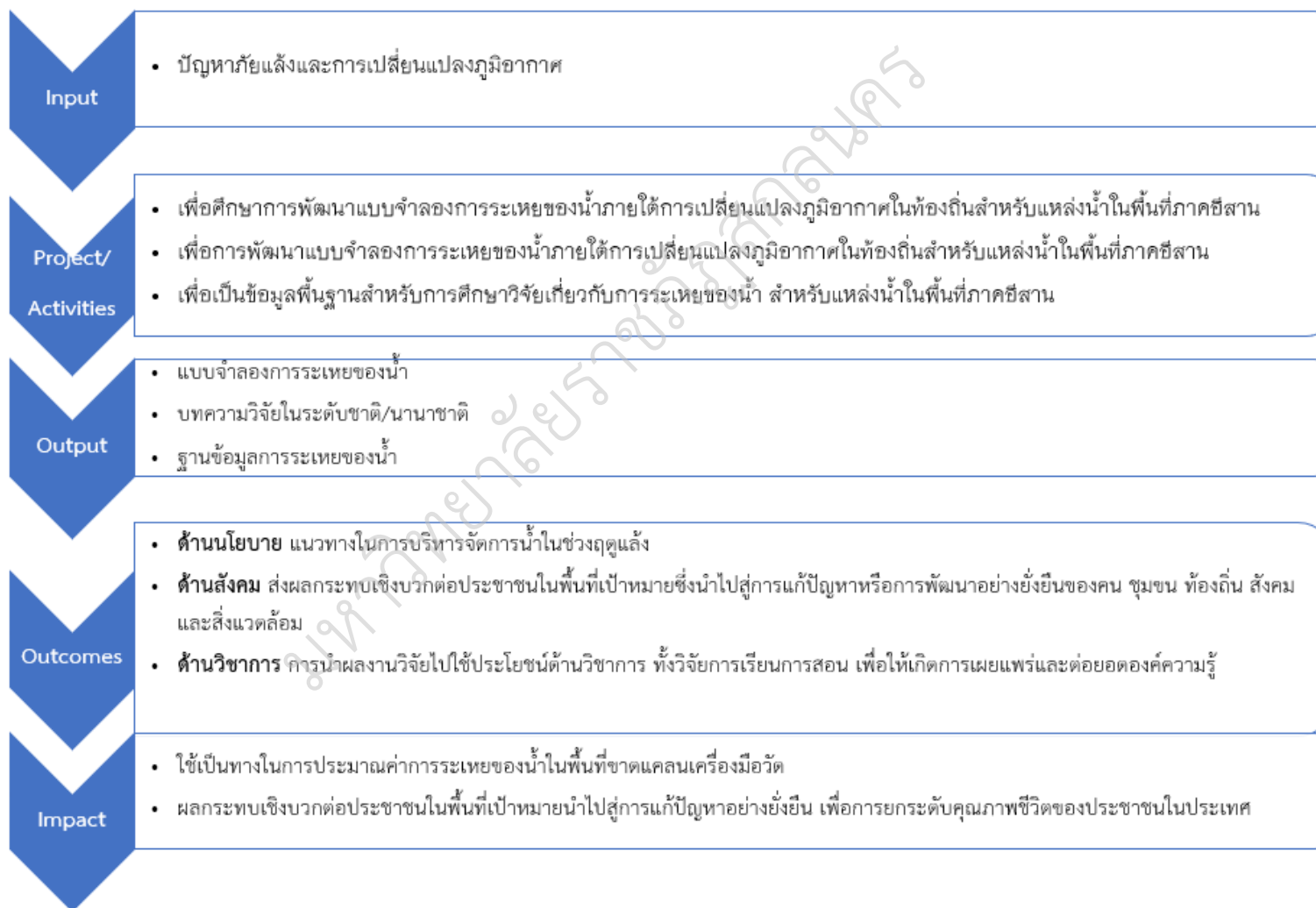
ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาในพื้นที่ภาคอีสาน 20 จังหวัด ได้แก่ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด เลย ศรีสะเกษ สกลนคร สุรินทร์ หนองคาย หนองบัวลำภู อุดรธานี และ อุบลราชธานี ปึงกาฬ โดยใช้ข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในการสร้างแบบจำลอง ประมาณค่าการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2018–2022

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในพื้นที่ภาคอีสาน 20 จังหวัด ได้แก่ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด เลย ศรีสะเกษ สกลนคร สุรินทร์ หนองคาย หนองบัวลำภู อุดรธานี และ อุบลราชธานี ปึงกาฬ กลุ่มพื้นที่ประมาณ 168,854 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ 1 ใน 3 ของพื้นที่ประเทศไทย ทิศตะวันตกและทิศใต้ติดกับเทือกเขาสูง ทางด้านทิศใต้มีเทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาพนมดงรัก กั้นระหว่างภาคอีสานของไทย กับกัมพูชา และลาว ยอดเขาที่สูงที่สุดในภาคอีสาน คือ ยอดเขาภูหลวง มีความสูง 1,571 เมตร และภูกระดึงสูง 1,325 เมตร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแม่น้ำสำคัญหลายสาย ได้แก่ แม่น้ำพอง แม่น้ำเลย แม่น้ำพรม แม่น้ำชีและลำตะคอง ทางด้านทิศใต้มีเทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาพนมดงรัก กั้นระหว่างภาคอีสานของไทย กับกัมพูชา และลาว

กรอบแนวคิดของโครงการ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการระเหยของน้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แบบจำลอง WRF และฐานข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา โดยสามารถสรุปสาระสำคัญตามลำดับ ดังนี้

1. การระเหยของน้ำ

1.1 ความหมายการระเหยของน้ำ

2. แนวคิดทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

2.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

2.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

3. แนวคิดเกี่ยวกับฐานข้อมูล

3.1 Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)

3.2 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

3.3 National Center for Atmospheric Research (NCAR)

3.4 สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติภาค 3

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การระเหยของน้ำ

ความหมายการระเหยของน้ำ

การระเหยหมายถึง การสูญเสียน้ำจากระบบน้ำ การระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เป็นกระบวนการที่น้ำจากผิวของอ่างเก็บน้ำได้รับพลังงานความร้อนทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ โดยเฉพาะบริเวณผิวน้ำที่รับพลังงานความร้อนโดยตรงลดลง

อย่างรวดเร็วจนทำให้อุณหภูมิของน้ำหลุดลอยขึ้นสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ การระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำนับเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียน้ำจากอ่างเก็บน้ำนอกเหนือจากการรั่วซึมของน้ำในอ่างเก็บน้ำ และการไหลซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อน (Sivapragasam et al., 2009) ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการจัดเก็บน้ำในแหล่งน้ำ การใช้น้ำส่งผลต่อเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชน จากการศึกษาของ O'Reilly et al. (2015) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิของน้ำผิวดินทำให้อัตราการระเหยที่เพิ่มขึ้น การระเหยเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของการบริหารจัดการการใช้น้ำสำหรับแหล่งกักเก็บภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกันและเป็นตัวบ่งชี้ที่ละเอียดอ่อนของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องได้รับค่าประมาณการสูญเสียการระเหยที่แม่นยำเพื่อพัฒนากลยุทธ์และนโยบายการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีประสิทธิภาพ

แนวคิดทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

โมเดลเชิงเส้นแบบผสม (Linear Mixed Model)

โมเดลเชิงเส้นแบบผสม (LMM) เป็นโมเดลทางสถิติที่คำนึงถึงทั้งผลคงที่และผลสุ่ม เป็นส่วนขยายของโมเดลเชิงเส้นแบบง่ายที่อนุญาตให้มีทั้งผลคงที่และผลสุ่ม ทำให้เหมาะสำหรับการออกแบบการทดลองที่ซับซ้อนมากขึ้น รวมถึงการออกแบบที่มีโครงสร้างแบบลำดับขั้นหรือแบบซ้อน LMM มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์และความแปรปรวนที่ไม่คงที่ เช่น ข้อมูลที่รวบรวมจากกลุ่มต่าง ๆ ที่มีลักษณะเฉพาะการวัดที่ได้จากวิชาเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไป หรือข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบลำดับขั้นหรือแบบซ้อน

รูปแบบทั่วไปของโมเดลเชิงเส้นแบบผสมสามารถเขียนได้ ดังนี้:

$$Y = X\beta + Zu + \varepsilon \quad (1)$$

โดยที่:

- Y คือ เวกเตอร์ของข้อมูลที่สังเกตได้
- X คือ เมทริกซ์ของตัวทำนายผลคงที่
- b คือ เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ผลคงที่
- Z คือ เมทริกซ์ของตัวทำนายผลสุ่ม
- U คือ เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ผลสุ่ม

e คือ เวกเตอร์ของค่าตกค้างหรือข้อผิดพลาด

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของ LMM มีความซับซ้อนมากกว่าการถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายเนื่องจากมีผลสุ่ม การประมาณค่าโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความน่าจะเป็นของข้อมูลที่สังเกตได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้อัลกอริทึมต่าง ๆ เช่น การประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุดแบบจำกัด (REML) หรือการประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (ML) การอนุมานใน LMM เช่น การทดสอบสมมติฐานและการสร้างช่วงความเชื่อมั่น ก็มีความซับซ้อนมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากต้องคำนึงถึงความแปรปรวนที่เกิดจากผลสุ่ม

LMM มีข้อดีหลายประการ รวมถึงการให้ความเข้าใจข้อมูลที่แม่นยำและลึกซึ้งยิ่งขึ้นโดยคำนึงถึงความแปรปรวนในระดับกลุ่ม การจัดการข้อมูลที่ขาดหายไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมหลาย ๆ วิธี และการอนุญาตให้วิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลที่ซับซ้อนซึ่งมีฉะนั้นจะต้องใช้การรวมข้อมูลหรือวิธีการอื่น อย่างไรก็ตาม LMM ยังมีข้อท้าทาย เช่น ความซับซ้อนของโมเดล ความยากในการระบุและตีความ และความเข้มข้นในการคำนวณของการปรับโมเดล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่หรือโมเดลที่มีผลสุ่มจำนวนมาก

แนวคิดเกี่ยวกับฐานข้อมูล

Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)

Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) เป็นโครงการที่ให้การสังเกตการณ์การแผ่รังสีของโลก (ERB) และเมฆจากดาวเทียม ใช้การวัดจากเครื่องมือ CERES ที่ติดตั้งบนดาวเทียมหลายดวงพร้อมกับข้อมูลจากเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อสร้างชุดผลิตภัณฑ์ข้อมูล ERB ที่ครอบคลุมสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับสภาพอากาศ สภาพอากาศ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) องค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ เป็นหน่วยงานทางด้านอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา อยู่ในกำกับของกระทรวงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกา โดยมุ่งเน้นไปที่สถานะของมหาสมุทร ทางน้ำสำคัญและชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีดาวเทียมหลายดวงอยู่ในความรับผิดชอบของ NOAA เช่น NOAA - 15 ถึง NOAA - 19 ดาวเทียม NOAA โคจรรอบโลกใช้เวลาประมาณ 14 รอบต่อวัน

National Center for Atmospheric Research (NCAR)

National Center for Atmospheric Research (NCAR) ศูนย์วิจัยบรรยากาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา เป็นศูนย์วิจัยระดับโลกชั้นนำ ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกด้านนวัตกรรมในชั้นบรรยากาศและวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลกและดวงอาทิตย์ เพื่อสนับสนุน ยกกระต๊ับ และขยายขีดความสามารถของชุมชนมหาวิทยาลัยและชุมชนวิทยาศาสตร์ในวงกว้างทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ ก่อตั้งโดย National Science Foundation (NSF) เป็นองค์กรที่บริหารงานโดยไม่แสวงหาผลกำไร มีเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากมาย เช่น เครื่องมือเฉพาะเพื่อวัดกระบวนการในบรรยากาศ เครื่องบินวิจัย การประมวลผลประสิทธิภาพสูงและโครงสร้างพื้นฐานทางไซเบอร์รวมถึงซูเปอร์คอมพิวเตอร์ และยังมีแบบจำลองบรรยากาศของสภาพอากาศเคมีแสงอาทิตย์ และกระบวนการสภาพภูมิอากาศรวมถึงแบบจำลองที่พัฒนาโดยร่วมมือกัน เช่น แบบจำลองระบบโลกชุมชน (CESM) แบบจำลองการวิจัยและพยากรณ์อากาศ (WRF) และแบบจำลองสภาพภูมิอากาศชุมชนบรรยากาศทั้งหมด (WACCM)

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติภาค 3

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติภาค 3 เป็นองค์กรกลางด้านน้ำ 1 ใน 3 เสาหลัก สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรีขึ้นตรงต่อนายกรัฐมนตรีโดยตรง ตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ.2561 มาตรา 37 ให้จัดตั้งสำนักงานทรัพยากรน้ำภาคขึ้นในสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี ทำหน้าที่เป็นสำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการลุ่มน้ำ โดยมีหน้าที่และอำนาจรับผิดชอบงานธุรการของคณะกรรมการลุ่มน้ำ ศึกษาวิเคราะห์วิจัยเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาจัดทำแผนแม่บทการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษาการฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ ในเขตลุ่มน้ำ ฯลฯ

กรมอุตุนิยมวิทยา

กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทยเป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ในการพยากรณ์อากาศและให้บริการข้อมูลสภาพอากาศแก่ประชาชนและหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศ กรมฯ ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2460 โดยมีชื่อเดิมว่า "แผนกอุตุนิยมวิทยา" และได้เปลี่ยนชื่อเป็น "กรมอุตุนิยมวิทยา" ในปี พ.ศ. 2496

ภารกิจหลักของกรมอุตุนิยมวิทยา คือการให้บริการข้อมูลสภาพอากาศที่แม่นยำและทันเวลาแก่ประชาชนและหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อช่วยในการวางแผนและตัดสินใจ โดยภารกิจหลักของกรมฯ ได้แก่

1. พยากรณ์อากาศล่วงหน้าสำหรับระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่รายวันไปจนถึงรายเดือน
2. ให้บริการข้อมูลสภาพอากาศปัจจุบันและอดีต
3. ออกประกาศเตือนภัยสภาพอากาศรุนแรง เช่น พายุไต้ฝุ่น พายุฝนฟ้าคะนอง และน้ำท่วม
4. ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์อากาศ
5. ให้บริการข้อมูลสภาพอากาศสำหรับการเกษตร การคมนาคม และการท่องเที่ยว

กรมอุตุนิยมวิทยามีโครงสร้างการบริหารที่ประกอบด้วยสำนักงานใหญ่และศูนย์อุตุนิยมวิทยาภูมิภาค 12 แห่งทั่วประเทศ สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครและมีหน้าที่ในการกำหนดนโยบายและแผนงานของกรมฯ รวมถึงการประสานงานกับหน่วยงานอื่น ๆ ทั้งในและต่างประเทศ

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภูมิภาคมีหน้าที่ในการพยากรณ์อากาศและให้บริการข้อมูลสภาพอากาศสำหรับพื้นที่ในความรับผิดชอบ โดยศูนย์ฯ เหล่านี้ตั้งอยู่ที่จังหวัด เชียงใหม่ น่าน ขอนแก่น อุดรธานี นครราชสีมา ชลบุรี ระยอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช หาดใหญ่ และภูเก็ต

กรมอุตุนิยมวิทยามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประเทศไทย เนื่องจากข้อมูลสภาพอากาศที่แม่นยำและทันเวลาเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนและตัดสินใจในด้านต่าง ๆ เช่น

1. การเกษตร: ข้อมูลสภาพอากาศช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวได้อย่างเหมาะสม
2. การคมนาคม: ข้อมูลสภาพอากาศช่วยให้ผู้ขับขี่และนักเดินเรือสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างปลอดภัย
3. การท่องเที่ยว: ข้อมูลสภาพอากาศช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถวางแผนการเดินทางและกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม

4. การจัดการภัยพิบัติ: ข้อมูลสภาพอากาศช่วยให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถเตรียมตัวรับมือกับภัยพิบัติทางธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทยเป็นหน่วยงานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประเทศไทย โดยให้บริการข้อมูลสภาพอากาศที่แม่นยำและทันเวลาแก่ประชาชนและหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศ ข้อมูลนี้มีความจำเป็นสำหรับการวางแผนและตัดสินใจในด้านต่าง ๆ ช่วยให้ประเทศไทยสามารถรับมือกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ปิยะพงษ์ ปันทนา และ ธงชัย ฟองสมุทร (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการระเหยน้ำในประเทศไทยคาบ 10 ปีในช่วง พ.ศ. 2544-2553 เพื่อวิเคราะห์การระเหยน้ำในแต่ละพื้นที่ โดยรวบรวมข้อมูลการระเหยน้ำ (Evaporation) จากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ พ.ศ. 2544-2553 และใช้การนำข้อมูลเข้าโปรแกรม Surfer ซึ่งได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะของจุด (Point) แล้ว Interpolate ข้อมูลด้วยวิธี Kriging Interpolate นำเสนอในรูปแบบแผนที่เชิงตัวเลขแสดงค่าปริมาณน้ำระเหยเฉลี่ยในคาบ 10 ปีผลการศึกษาพบว่า การระเหยน้ำมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ซึ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการระเหยสูงสุดในเดือนเมษายนและลดลงเป็นลำดับในเดือนมีนาคมและพฤษภาคม และในภาพรวมทั้งประเทศจะมีการระเหยน้ำสูงอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม โดยเดือนเมษายนมีปริมาณการระเหยน้ำสูงที่สุดในรอบปี

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2555) ได้ศึกษาการระเหยน้ำในจังหวัดสกลนคร จังหวัดสกลนครเป็นหนึ่งในสี่สิบจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 16 องศา 45 ลิปดา ถึง 18 องศา 15 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 103 องศา 15 ลิปดา ถึง 104 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 10,553.7 ตารางกิโลเมตร มีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 9 ของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอ่างเก็บน้ำชลประทานในจังหวัดสกลนคร เป็นโครงการชลประทานขนาดใหญ่ 1 แห่ง โครงการชลประทานขนาดกลาง 41 แห่ง และ โครงการชลประทานขนาดเล็ก 192 แห่ง นับเป็นจังหวัดที่มีโครงการชลประทานมากกว่าหลายจังหวัดใน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีอ่างเก็บน้ำที่สำคัญถึง 38 แห่ง การศึกษาการประมาณค่าการระเหยน้ำในจังหวัดสกลนคร ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรกรรมได้ซึ่งปัจจุบันการประมาณค่าการระเหยน้ำในจังหวัดสกลนคร จะใช้เครื่องวัดการระเหยแบบภาต (Evaporation Pan) ชนิด American Class A Pan และบันทึกข้อมูลโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาสกลนคร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557) ได้ศึกษาค่าการระเหยน้ำมีความสำคัญ ใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการหาปริมาณการระเหยน้ำในอ่างเก็บน้ำ การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในแต่ละพื้นที่ดังนั้นการศึกษาการระเหยน้ำจึงเป็นประโยชน์ต่อการเกษตรกรรมหรือพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ซึ่งสถิติการใช้ที่ดินรายภาคภูมิศาสตร์นับตั้งแต่ พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2555 จะเห็นว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีจำนวนผู้ถือครองเนื้อที่ทำเกษตรและเนื้อที่ถือครองทำการเกษตรโดยรวมมากที่สุด โดยเฉพาะด้านการเพาะปลูกพืช

ชนัญญาญจน์ แสงประสาน, เสรี ชัดแ่ม, และ พชร วัชรเกษม (2016) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์การระเหยน้ำในจังหวัดสกลนครระหว่างการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Box-Jenkins ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายเดือน ประกอบด้วยการระเหยน้ำแบบภาต (มม.) อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$) ความกดอากาศ (hPa) ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ปริมาณฝน (มม.) และปริมาณแสงแดด (ชม.) จากเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 เก็บบันทึกข้อมูลโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาสกลนคร จังหวัดสกลนคร ทำการพยากรณ์การระเหยน้ำแบบภาตด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเมื่อคัดเลือกรูปแบบขั้นบันได (Stepwise Multiple Regression) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD) และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ที่ต่ำที่สุด พบว่า การพยากรณ์การระเหยน้ำรายเดือนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณมีความแม่นยำกว่าการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Box-Jenkins ซึ่งที่จริงข้อมูลการระเหยน้ำเป็นข้อมูลที่มีลักษณะของฤดูกาลร่วมด้วย โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนที่มีการระเหยน้ำสูงสุดในรอบปีถือได้ว่าเป็นค่าสูงผิดปกติในรอบปี ฉะนั้นในการปรับปรุงวิธีการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ หากนำค่าผิดปกติ

ของข้อมูล (Outliers) มารวมปรับปรุงตัวแบบการพยากรณ์ ย่อมจะได้ความแม่นยำในการพยากรณ์มากขึ้น

ปราโมทย์ ไ้มักัด (2541) กล่าวว่า “การจัดการน้ำ” เป็นการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันอย่างเป็นระบบสัมพันธ์กัน เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำ ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาน้ำท่วม และปัญหาน้ำเสีย การบริหารจัดการน้ำที่ดีต้องบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้สอดคล้องกับทรัพยากรอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทรัพยากรดิน ทรัพยากรมนุษย์ เป็นต้น โดยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องมี 4 กิจกรรม ได้แก่

- 1) การพัฒนาแหล่งน้ำหรือการจัดหาแหล่งน้ำ มุ่งถึงการจัดหาน้ำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ด้านต่าง ๆ ตามศักยภาพของทรัพยากรน้ำ วางแผนการใช้น้ำอย่างมีระบบเพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มีใช้อย่างยั่งยืน
- 2) งานจัดสรรน้ำและใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพในแต่ละลุ่มน้ำจำเป็นต้องมีระบบกิจกรรมการจัดสรรและใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) การอนุรักษ์แหล่งน้ำในลุ่มน้ำพื้นที่ต้นน้ำต้องอนุรักษ์ด้วยระบบป่าในแหล่งน้ำธรรมชาติ สิ่งเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาน้ำให้มีคุณภาพ และ
- (4) การควบคุมคุณภาพน้ำซึ่งขณะนี้ปัญหาลำคัญของประเทศทั้งในชุมชนเล็ก ชุมชนใหญ่รวมถึงพื้นที่เกษตรกรรมที่ประสบปัญหาเรื่องน้ำเสีย

อารียา ฤทธิมา, กิตติพัฒน์ สาสีกิจ, กฤตยา สมานวงศ์รักษ์, พรณทิพา ศรีธรรมมา, และ อธิพิล ชีรนรวิชย์ (2013) ได้มีการนำเสนอผลการศึกษา และทบทวนถึงลักษณะรูปแบบ และแนวโน้มการสูญเสียน้ำจากการระเหยของอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดเล็กในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดจริงจากถาดวัดระเหย ร่วมกับวิธีการประมาณค่า 4 วิธี ได้แก่ วิธีบ่อน้ำ วิธีเอ็มไพริคัล วิธีเคลื่อนย้ายมวล และวิธีผสมผสาน ผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับเก็บกักเฉลี่ยปริมาณการสูญเสียน้ำจากการระเหยของอ่างเก็บน้ำค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นในอนาคต อันเนื่องมาจากปัจจัยการผ่านแปรของข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในปัจจุบัน

ดุษฎี ศุขวัฒน์, สุกันยาณี ะวิญชาญ (2009) ได้ทำการทดสอบความสามารถของแบบจำลอง WRF ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย โดยพยากรณ์เป็นระยะเวลา 5 ปี ระหว่างปี ค.ศ. 2000–2004 โดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ได้ทดสอบตัวแปรเสริมการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การพยากรณ์ฝนโดยแบบจำลองมีปริมาณต่ำกว่าความเป็นจริงในช่วงฤดูฝน สำหรับอุณหภูมินั้นแบบจำลองสามารถพยากรณ์แนวโน้ม

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของอุณหภูมิได้ แต่ค่าอุณหภูมิรายเดือนต่ำกว่าความเป็นจริง ในส่วนของอัตราเร็วลมและความกดอากาศนั้น มีค่าสูงกว่าความเป็นจริงค่อนข้างมาก โดยสรุปแบบจำลองดับเบิลยูเอฟรุ่นที่ฉายการศึกษานี้สามารถใช้ ในการพยากรณ์อุณหภูมิได้ แต่ยังไม่อาจใช้พยากรณ์ปริมาณ ฝนบริเวณประเทศไทย

Noodchanath Kongchouy and Treelak Thamdee (2020) ได้ทำการศึกษา ความแม่นยำของการพยากรณ์ ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลางด้วยแบบจำลอง สภาพอากาศด้วย WRF โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศจาก Glo Forecast System (GFS) เช่น ลม อุณหภูมิ ภูมิความชื้น ความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้า สำหรับสภาวะเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนั้นเป็นข้อมูล รายวัน ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 และวิธีทางสถิติที่นำมาใช้ทดสอบความแม่นยำ ของแบบจำลองคือ RMSE ME MPE MAPE %Average Accuracy และ NSE โดยนำผล การพยากรณ์จากแบบจำลอง WRF เทียบกับค่าตรวจวัดจริงจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 118 ประเทศไทย พบว่า ค่าตัวแปรทางสถิติทั้งหมดให้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยแสดง ให้เห็นว่า แบบจำลอง WRF มีความถูกต้องสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย แบบจำลองให้ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเล ปานกลาง มากกว่าค่าจริงที่ได้จากการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสำหรับประเทศไทย มีสภาพอากาศภายในประเทศไม่แตกต่างกันมากนัก พบว่าเกณฑ์ประเมินที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ความแม่นยำแบบจำลองสภาพอากาศ คือค่า RMSE และ ME เนื่องจากสามารถบอกความแตกต่างของค่าพยากรณ์กับค่าจริงในสเกลขนาดเล็ก ของแต่ละภาคในประเทศได้ชัดเจนมากกว่าเกณฑ์อื่น ๆ และเมื่อใช้เกณฑ์ในการประเมิน ที่มากขึ้นอาจทำให้ค้นพบคุณสมบัติเพิ่มเติมของแบบจำลองได้

งานวิจัยต่างประเทศ

Malik et al. (2022) ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเทคนิคทางข้อมูลคือ การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และการเร่งการไล่ระดับสีแบบเครื่องจักร (Gradient boosting Machine) เพื่อพยากรณ์การระเหยน้ำแบบถาวรรายเดือนในเมือง Kishahr ประเทศอิหร่าน และเมือง Ranichauri ประเทศอินเดีย โดยใช้ อุณหภูมิอากาศสูงสุด เป็นตัวแปรนำเข้า จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพยากรณ์ด้วยเกณฑ์แรกที่สอง ของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ค่าสัมประสิทธิ์ของ Nash-Sutcliffe ดัชนีความสอดคล้อง (index of agreement: IOA) และ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

(MAE) พบว่า แบบจำลองแบบการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพพยากรณ์การระเหยน้ำแบบถาวรรายเดือนดีกว่าแบบจำลองการเร่งการไล่ระดับสีแบบเครื่องจักร

Garrido et al. (2022) การอุณหภูมิจึงเพิ่มขึ้นและทำให้ขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ภาคเกษตรกรรมได้รับผลกระทบมากที่สุดจากการเปลี่ยนแปลงนี้ จึงต้องมีการปรับทรัพยากรน้ำที่ขาดแคลนให้เหมาะสม ปรากฏการณ์ที่สำคัญในวัฏจักรของน้ำคือการระเหยจากแหล่งน้ำ ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในช่วงที่อากาศอบอุ่นของทุกปี การพยากรณ์อัตราการระเหยสามารถช่วยเกษตรกรปลูกพืชได้อย่างยั่งยืนมากขึ้น เพื่อการจัดการแหล่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในบริบทของการเกษตรที่แม่นยำในงานนี้วิธีแมชชีนเลิร์นนิงที่ดีความได้ โดยอิงจากแผนผังการตัดสินใจแบบหลายตัวแปรเพื่อคาดการณ์อัตราการระเหยในแต่ละวันโดยใช้ข้อมูลจากโครงสร้างพื้นฐานของ Internet of Things (IoT) ซึ่งปรับเปลี่ยนแปลงชลประทานจริงที่ตั้งอยู่ใน มูร์เซีย (ทางตะวันออกเฉียงใต้ของสเปน) ข้อมูลสภาพอากาศที่รวบรวมได้ป้อนในแบบจำลองและสรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วนำแบบจำลองที่ได้ตรวจสอบด้วยแบบจำลองวรรณกรรมที่ดีที่สุดสำหรับการทำนายอัตราการระเหยของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันมีค่า R^2 สูงถึง 0.85 และ MAE เท่ากับ 0.6

El-Mahdy, El-Abd, and Morsi (2021) การทำความเข้าใจการระเหยของทะเลสาบและบทบาทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการระเหยกลายเป็นไอน้ำมีความสำคัญยิ่งสำหรับระบบการจัดการทรัพยากรน้ำ การทำนายการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในอนาคตเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการวางแผนการตัดสินใจในการจัดการของทะเลสาบในอนาคต การศึกษาวิเคราะห์การระเหยของทะเลสาบ Nasser ทางตอนใต้ของอียิปต์ พารามิเตอร์อุตุนิยมวิทยารวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาอัสวานใกล้ทะเลสาบนั้นส์เซอร์ นอกจากนี้ CORDEX ได้ทำนายพารามิเตอร์ทางภูมิอากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 ถึงปี พ.ศ. 2593 แบบจำลองการทำนายการระเหยของทะเลสาบ Nasser โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกสร้างขึ้น สถิติถูกคำนวณในขั้นตอนการสอบเทียบและการตรวจสอบเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดของการคำนวณการระเหยของทะเลสาบ การคาดการณ์การระเหยในอนาคตถูกดึงออกมาจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่คาดการณ์ไว้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคของ CORDEX การวิเคราะห์แนวโน้มได้ทำขึ้นเพื่อรับรองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในทะเลสาบโมเดล ANN ได้รับการพัฒนาและนำไปใช้อย่างประสบความสำเร็จในทะเลสาบ Nasser ซึ่ง

สามารถใช้เพื่อจัดการกับการคำนวณการระเหยเหนือทะเลสาบ Nasser โมเดล ANN พร้อมอัลกอริธึมการฝึกที่มีเซลล์ประสาท 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 เซลล์พร้อมตัวแปรอินพุต 5 ตัว ถูกทดสอบเพื่อหาแบบจำลองการระเหยที่ดีที่สุดของทะเลสาบที่มีจำนวนเซลล์ประสาทน้อยที่สุด โมเดล ANN ที่มีอัลกอริธึมการฝึกที่มีเซลล์ประสาท 20 ตัวพร้อมตัวแปรอินพุต 5 ตัวทำงานได้ดีที่สุดสำหรับการประมาณค่าการระเหยของทะเลสาบ ตามข้อมูลสภาพอากาศที่คาดการณ์ไว้การระเหยของทะเลสาบ Nasser จะเพิ่มขึ้นประมาณ 2% ในปี ค.ศ. 2050 โดยสังเกตว่าค่าการระเหยที่คาดการณ์ได้สูงสุดคือในเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม โดยมีช่วงตั้งแต่ 7.04 mm/วัน ถึง 9.64 mm/วัน ค่าสูงสุด ค่าผิดปกติของการระเหยสูงสุด ประมาณ 11.16 mm/วัน ค่าที่คาดการณ์ไว้ต่ำสุดคือในเดือนธันวาคมถึงมกราคม โดยมีช่วงตั้งแต่ 3.50 mm/วัน ถึง 6.81 mm/วัน การวิเคราะห์แนวโน้มแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ทางภูมิอากาศที่คาดการณ์ไว้สูงกว่าบันทึกในอดีตเล็กน้อย

Irmak and Haman (2003) ได้ประเมินวิธีการประมาณค่าการระเหยน้ำแบบภาคด้วยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในรัฐฟลอริดา ข้อมูลที่ใช้ คือ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยารายวัน จำนวน 8,395 วันในช่วงเวลา 23 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1978 ถึงวันที่ 30 กันยายน ค.ศ. 2000 เก็บบันทึกโดยสถานีอุตุนิยมวิทยา GAARC ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวันที่ใช้ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศสูงสุด อุณหภูมิอากาศต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและทิศทาง รังสีดวงอาทิตย์ และการระเหยน้ำแบบภาค ตามลำดับ ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่าการระเหยน้ำ 5 วิธี ได้แก่

1. วิธี Penman
2. วิธี Kohloer–Nordenson–Fox (KNF)
3. วิธี Christiansen
4. วิธี Priestley–Taylor (PT)
5. วิธี Linacre

ใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบความแม่นยำ (Accuracy) และความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) ของวิธีการประมาณค่าทั้ง 5 วิธี โดยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Acceptable Error) คือ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจะต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 (RMSE 0.5) จากนั้นนำเสนอค่าประมาณการระเหยน้ำ ทั้งในเทอม ค่าเฉลี่ยรายวัน

ค่าเฉลี่ยรายเดือน และค่าเฉลี่ยรายปี สำหรับประสิทธิภาพ (Performance) ของค่าประมาณการระเหยน้ำรายเดือน จะอธิบายด้วยค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน (Percentage Error: %E) ซึ่งกำหนดให้ค่าการระเหยน้ำเฉลี่ยรายเดือนที่แท้จริงเป็นค่าเฉลี่ยมาจากค่าการระเหยน้ำที่วัดได้ (Measured Vales) ในเดือนนั้น ๆ ในช่วงเวลา 23 ปี ผลการศึกษาพบว่า วิธี KNF มีความแม่นยำในการประมาณค่าการระเหยน้ำแบบภาคมากที่สุดใน รองลงมา คือ วิธี Penman, วิธี PriestleyTaylor, วิธี Christiansen และวิธี Linacre ตามลำดับ เมื่อประมาณค่าการระเหยน้ำแบบภาคด้วยวิธี KNF พบว่า เดือนพฤษภาคมจะมีการระเหยน้ำเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด สำหรับผลการประมาณค่าการระเหยน้ำเฉลี่ยรายเดือนด้วยวิธีทั้ง 5 วิธีนั้น พบว่า วิธี KNF, วิธี Penman, วิธี Priestley-Taylor, วิธี Christiansen และวิธี Linacre มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน (%E) เท่ากับ 6%, 17%, -24%, -27% และ 32% ตามลำดับ (เมื่อเรียงตามขนาดของ %E) นอกจากนี้ เมื่อคัดเลือกข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในปี ค.ศ. 1981 ที่มีลักษณะอากาศแบบแห้งหรือความชื้นต่ำ (Dry Year) และปี ค.ศ. 1983 ที่มีลักษณะอากาศแบบเปียกหรือความชื้นสูง (Wet Year) มาทดสอบการประมาณค่าการระเหยน้ำเฉลี่ยรายเดือนด้วยวิธี KNF พบว่า ค่าประมาณการระเหยน้ำเฉลี่ยรายเดือนในปี ค.ศ. 1981 และปี ค.ศ. 1983 มีค่า %E เท่ากับ 9% และ 5% ตามลำดับ ซึ่งในปี ค.ศ. 1981 จะได้ค่าประมาณการระเหยน้ำเฉลี่ยรายเดือนต่ำกว่าค่าจริง (Underestimation) เป็นอย่างมากโดยเฉพาะเดือนในช่วงฤดูร้อน อาจจะเป็นเนื่องจากการนำพาความร้อนสัมผัส (Sensible Heat Advection) ไม่สามารถอธิบายในวิธีของ KNF จึงทำให้เกิดการประมาณค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

Vining (2003) ได้ศึกษาประมาณค่าการการระเหยของน้ำเฉลี่ยรายเดือนโดยใช้ข้อมูลเพียงอย่างเดียวสำหรับอ่างเก็บน้ำสองแห่งใน North Dakota โดยได้ค่า RMSE และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดที่ 0.64 และ 0.77 ผลลัพธ์เหล่านี้แม่นยำกว่าที่พบใน CE14 RMSE = 0.94 ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่าการศึกษาของ Vining ดำเนินการเป็นรายเดือน และข้อผิดพลาดและความไม่แน่นอนมีแนวโน้มที่จะลดลงสำหรับขนาดใหญ่ ช่วงเวลา

Fu, Liu, Chen, and Hong (2004) ได้ศึกษากระบวนการปฏิบัติการสามารถทำให้ง่ายขึ้นได้ หากใช้ข้อมูลการระเหยของน้ำที่รวบรวมไว้ในภาคการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในสถานีอุตุนิยมมาตรฐานแห่งชาติ หรือโดยการติดตั้งมาตรระเหยนอกอ่างเก็บน้ำ

การระเหยของน้ำที่วัดได้ในสถานการณ์นี้สูงกว่าการระเหยของน้ำที่พบในสถานการณ์การระเหยที่ฝั่งหรือแช่ในน้ำ

Kisi (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณตัวแบบการระเหยน้ำแบบภาคทรายวันด้วยวิธีการรวมวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และการใช้งานตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy) หรือที่เรียกว่า A Neuro-Fuzzy Computing Technique ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยารายวันที่ใช้ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และการระเหยน้ำ ตามลำดับ ซึ่งเก็บบันทึกโดยสถานีอุตุนิยมวิทยา Arcata-Eureka และสถานีอุตุนิยมวิทยา Daggett จากปี ค.ศ. 1987-1990 ใช้ข้อมูลสามปีแรกในการฝึกสอนเพื่อสร้างตัวแบบและใช้ข้อมูลที่เหลือในการทดสอบตัวแบบพยากรณ์การระเหยน้ำ ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบการพยากรณ์การระเหยน้ำระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธี Neuro-Fuzzy และวิธีของ Stephens-Stewart ผลการศึกษาพบว่า การพยากรณ์การระเหยน้ำทั้งในสถานี Arcata-Eureka และสถานี Daggett ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธี Neuro-Fuzzy ได้ความแม่นยำมากกว่าวิธีของ Stephens-Stewart

Hamdi, Abu-Allaban, Al-Shayeb, Jaber, and Momani (2009) ได้ศึกษาตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อพยากรณ์การคายระเหยน้ำรายเดือนของพืชอ้อยในแ่งประเทศจอร์แดน โดยใช้ข้อมูลการระเหยน้ำที่วัดด้วยถาดวัด โดยใช้ข้อมูลจากปี ค.ศ. 1973-2002 ทำการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Seasonal Autoregressive and Moving Average (ARIMA) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ที่ได้กับการคาย ระเหยน้ำของพืชอ้อยที่คำนวณจากข้อมูลการระเหยน้ำ ด้วยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error) และค่าร้อยละของค่าสูงสุดความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Maximun Absolute Percentage Error) ผลการสร้างตัวแบบสามารถกำหนดตัวแบบที่เหมาะสมได้สามตัวแบบ แต่ตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์การคายระเหยน้ำของพืชอ้อยมากที่สุด คือ ตัวแบบ ARIMA (1,0,0) (0,1,1)

Goel (2009) ได้ศึกษาประเมินประสิทธิภาพตัวแบบจากวิธีโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์การระเหยน้ำในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เปรียบเทียบตัวแบบวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อการพยากรณ์

การระเหยนํ้าของอ่างเก็บนํ้าในบริเวณ Anand Sagar เมือง Shegaon ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยในรายสัปดาห์ของปี ค.ศ. 1990–2004 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาเมือง Mandasgaon ข้อมูลนํ้าเข้าหรือตัวแปรอิสระประกอบด้วยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ระยะเวลาที่มีแสงแดด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และความเร็วลม การพยากรณ์การระเหยนํ้าในอ่างเก็บนํ้าด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron Neural Network) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณห้ากรณี โดยกรณีหนึ่งถึงกรณีที่สี่ ใช้ข้อมูลนํ้าเข้าเพียงหนึ่งตัว ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ความเร็วลม ระยะเวลาที่มีแสงแดด และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ห้าจะใช้ทั้งสี่ตัวแปรเป็นข้อมูลนํ้าเข้าทั้งหมด เปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการศึกษาการพยากรณ์การระเหยนํ้าในอ่างเก็บนํ้ากรณีหนึ่งซึ่งใช้ตัวแปรอุณหภูมิอากาศเป็นข้อมูลนํ้าเข้าตัวเดียวพบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณอย่างชัดเจน ส่วนกรณีอื่น ๆ ที่เหลือพบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพียงเล็กน้อย

Masoner and Stannard (2010) ได้แสดงให้เห็นว่าถาดการระเหยของนํ้าลอยแสดงถึงการระเหยของนํ้าในอ่างเก็บนํ้าอย่างเพียงพอ ถาดการระเหยของนํ้าที่จมอยู่ใต้นํ้าบางส่วนได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบการศึกษาจำนวนมากเพื่อแสดงการระเหยของนํ้าในทะเลสาบขนาดเล็ก อ่างเก็บนํ้า และพื้นที่ลุ่มนํ้า

Shirsath and Singh (2010) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการประมาณการระเหยนํ้าแบบถาดรายวันระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และตัวแบบทางอุตุนิยมวิทยาหรือสูตรอย่างง่ายสามวิธี ได้แก่ วิธี Penman วิธี Priestley-Taylor และ วิธี Stephens-Stewart เพื่อประมาณการระเหยนํ้าแบบถาดรายวันในกรุงนิวเดลี อินเดีย โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยารายวัน 6 ตัวแปร ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศสูงสุด อุณหภูมิอากาศต่ำสุดระยะเวลาที่มีแสงแดดในแต่ละวัน ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งวัด ณ เวลา 7.21 น. และ 14.21 น.(ตามเวลามาตรฐานของอินเดีย) ตามลำดับ ซึ่งเก็บบันทึกโดย Indian Agricultural Research Institute (IARI) จากปี ค.ศ.2004–2007 ทำการสุ่มข้อมูลจำนวน 1,096 วัน (จากข้อมูลทั้งหมด) เพื่อสร้างตัวแบบ และสุ่มข้อมูลอีกส่วนจำนวน 365 วัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบที่ได้

โดยพิจารณาประสิทธิภาพของตัวแบบจากสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination:) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE)

Shirsath and Singh (2010) ผลการศึกษาพบว่า ทุก ๆ ตัวแบบการระเหยน้ำแบบถาวรรายวันที่สร้างด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ มีความแม่นยำมากกว่าวิธี Penman วิธี Priestley–Taylor และ วิธี Stephens และ Stewart ทั้งนี้ พิจารณาความแม่นยำจากค่า RMSE ที่ต่ำสุดจากชุดข้อมูลที่ใช้ประเมินตัวแบบ ส่วนตัวแบบที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรอุณหภูมิอากาศสูงสุด เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการระเหยน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลา 7.21 น. ตามลำดับ ประสิทธิภาพของตัวแบบที่สร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเมื่อใช้ตัวแปรอุณหภูมิอากาศสูงสุดทั้งหมดทั้งหกตัวเป็นตัวแปรอิสระ ปรากฏว่า ตัวแบบที่ได้สามารถอธิบายความผันแปรของการระเหยน้ำรายวันได้ 61% แต่เมื่อลดตัวแปรอิสระลงในตัวแบบประหยัด เหลือเพียงตัวแปรอุณหภูมิอากาศสูงสุด ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลา 7.21 น. พบว่า ตัวแบบประหยัดยังคงสามารถอธิบายความผันแปรของการระเหยน้ำรายวันได้ 61% เท่าเดิม สำหรับตัวแบบที่ได้จากวิธีโครงข่ายประสาทเทียม กรณีนำเข้าตัวแปรอิสระทั้งหมดทั้งหกตัว และกรณีนำเข้าตัวแปรอิสระเพียงสามตัว (อุณหภูมิอากาศสูงสุด ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลา 7.21 น.) พบว่า ตัวแบบที่ได้สามารถอธิบายความผันแปรของการระเหยน้ำรายวันได้ 69% และ 68% ตามลำดับ จะสังเกตได้ว่า ทั้งกรณีที่ใช้ตัวแปรอิสระ ทั้งหมดและกรณีที่ใช้ตัวแปรอิสระสามตัวเท่านั้น ตัวแบบที่ได้จากวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแม่นยำกว่าตัวแบบที่ได้จากวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพียงเล็กน้อย

Dodangeh et al. (2020) ได้ประยุกต์ตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อพยากรณ์แนวโน้มตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาในอนาคต เพื่อประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาของข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ การระเหยน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และระยะเวลาที่มีแสงแดดในแต่ละวัน ทำการตรวจสอบคุณสมบัติขั้นนำรีข้อมูลก่อนกำหนดตัวแบบอนุกรมเวลาโดยพิจารณา ลำดับของอนุกรมเวลาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function: ACF) และสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์การระเหยน้ำ อุณหภูมิ

อากาศ ความเร็วลม และระยะเวลาที่มีแสงแดดในแต่ละวัน คือ ตัวแบบ ARIMA (0,0,11) (0,0,1) ตัวแบบ ARIMA (2,0,4) (1,1,0) ตัวแบบ ARIMA (4,0,0) (0,1,1) ตัวแบบ ARIMA (1,0,1) (0,1,1) และตัวแบบ ARIMA (1,0,0) (0,1,1) ตามลำดับ

Kim, Shiri, Kisi, and Singh (2013) ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณการระเหย น้ำแบบถาวรรายวันในประเทศเกาหลีใต้ด้วยวิธีที่ใช้ข้อมูลในการขับเคลื่อน (Different Data-Driven Methods) และข้อมูล ณ เวลาที่แล็ก (Lag-Time Patterns) ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยารายวันที่ใช้ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยความเร็วลมเฉลี่ย ระยะเวลาที่มีแสงแดดในแต่ละวัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย การแผ่รังสีนอกชั้นบรรยากาศโลก และการระเหยน้ำ ตามลำดับ ซึ่งเก็บบันทึกโดยสถานีอุตุนิยมวิทยา Daegu และสถานีอุตุนิยมวิทยา Ulsan จากปี 1985 – 1990 ทำการเปรียบเทียบการพยากรณ์การระเหยน้ำในแต่ละสถานีอุตุนิยมวิทยาด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสามวิธี (Multilayer Perceptron-Neural Networks Model: MLP-NNM, Generalized Regression Neural Networks Model: GRNNM, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System: ANFIS) กับวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ สถิติที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (CC) รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ค่าสัมประสิทธิ์ของ Nash-Sutcliffe และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE)

Dabral, Jhajharia, Mishra, and Hangshing (2014) ได้ศึกษาตัวแบบอนุกรมเวลาของการระเหยน้ำแบบถาวร กรณีศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลการระเหยน้ำแบบถาวรเฉลี่ยรายเดือนจากปี ค.ศ. 1965–2005 บันทึกข้อมูลโดยสมาคมวิจัยชา (Tea Research Association) เมือง Jorhat รัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็นสองชุด ข้อมูลชุดที่ 1 คือ ข้อมูลการระเหยน้ำจากปี ค.ศ. 1965–2000 ใช้ในการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ข้อมูลการระเหยน้ำจากปี ค.ศ. 2001–2005 ใช้ในการประเมินความถูกต้องของตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้จากการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดว่า อนุกรมเวลาของการระเหยน้ำมีส่วนประกอบของทั้ง Deterministic และ Stochastic ขั้นแรกทำการทดสอบจุดกลับ (Turning Point Test) เพื่อหาส่วนประกอบของแนวโน้ม (Trend) และกำจัดส่วนประกอบของแนวโน้มออกจากชุดข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์หาส่วนประกอบของวัฏจักรด้วยการวิเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์ ผลการวิเคราะห์ตัวแบบในส่วน Stochastic พบว่า ตัวแบบอนุกรมเวลาของการระเหยน้ำแบบถาวรที่

เหมาะสม คือ ตัวแบบ MA อันดับที่สอง ซึ่งคัดเลือกด้วยเกณฑ์ Bayesian Information Criterion (BIC) ต่ำสุด

Done, Huang, and Kuo (2003) ได้มีการใช้แบบจำลอง WRF จำลองสภาพอากาศในฤดูหนาวของสหรัฐอเมริกาตะวันตกในช่วงเวลา 6 เดือน ระหว่าง เดือนตุลาคม 2533 – มีนาคม 2534 โดยใช้รายละเอียดในแนวราบ 30 กิโลเมตร โดยมีจุดพิกัดจำนวน 125×150 จุด และแบ่งระดับความสูงออกเป็น 31 ระดับ และใช้ข้อมูลเริ่มต้นและข้อมูลขอบ จาก NCEP–NCER Reanalysis ผลการวิจัยพบว่าโดยแบบจำลองให้รูปแบบของฝนที่สอดคล้องกับความเป็นจริง แต่ให้ปริมาณฝนมากกว่าความเป็นจริง ในส่วนของอุณหภูมินั้นโดยทั่วไปแบบจำลองให้ผลที่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งในด้านรูปแบบและค่าอุณหภูมิ

Done, Leung, Davis, and Kuo (2005) นอกจากนี้ยังได้มีการทดสอบแบบจำลอง WRF ในการพยากรณ์ฝนฤดูร้อนในตอนกลางของสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วมระหว่างเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม พ.ศ. 2546 โดยใช้รายละเอียดในแนวราบ 30 กิโลเมตร โดยมีจุดพิกัดจำนวน 200×140 จุด แบ่งระดับความสูงออกเป็น 31 ระดับ และใช้ข้อมูลเริ่มต้นและข้อมูลขอบจาก NCEP–NCAR Reanalysis พบว่าปริมาณฝนจากแบบจำลองต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งอาจมีสาเหตุจากตัวแปรเสริมยังไม่เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสานผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการวิจัย
2. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

1. ดาวยุทธ ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา (ความเข้มแสง, อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเร็วลม, ความกดอากาศ) จากข้อมูลดาวเทียมและข้อมูลภาคพื้น
2. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่ออ่านตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้โปรแกรม IDL
3. แปลผลและประมวลผลข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4. เปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ของข้อมูล CERES กับข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่สถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกล
5. หาค่าเฉลี่ยข้อมูลของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ในแต่ละฤดูกาล และตลอดทั้งปี
6. เปรียบความสัมพันธ์ของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อแบบจำลอง
7. จัดเรียงข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองการระเหยของน้ำในโปรแกรม Excel

8. สร้างแบบจำลองการระเหยของน้ำโดยใช้ LMM ด้วยโปรแกรม R Studio โดยการใช้ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่ส่งผลต่อค่าการระเหยของน้ำมากที่สุด แล้วเพิ่มตัวแปรที่มีผลรองลงมาเข้าไปในแบบจำลองจนกว่าจะได้แบบจำลองที่ดีที่สุด

9. เปรียบเทียบข้อมูลค่าการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินได้รับเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด

10. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้กับค่าที่ได้จากแบบจำลองรายเดือนและรายปีของแต่ละจังหวัด

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ 20 จังหวัดในภาคอีสานซึ่ง ประกอบด้วย อำนาจเจริญ บึงกาฬ บัรรัมย์ ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น เลย มหาสารคาม มุกดาหาร นครพนม นครราชสีมา หนองบัวลำภู หนองคาย ร้อยเอ็ด สกลนคร ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี อุตรดิตถ์ ยโสธร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ได้แก่ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นและอัตราเร็วลม เพื่อใช้ประเมินผลเชิงสถิติของการพยากรณ์ จากแบบจำลอง

2. NASA สำหรับข้อมูลรังสีอาทิตย์จากดาวเทียม Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่ใช้ในการประเมินผลเชิงสถิติ

3. กรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลการระเหยของน้ำเพื่อใช้ประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำค่ารังสีอาทิตย์มาเปรียบเทียบ ระหว่างวัดภาคพื้นดินสถานีสกลนคร กับ CERES โดยใช้ค่าทางสถิติ Pearson Correlation Coefficient (R^2), Root Mean Square Error (RMSE) และ Mean Absolute Error (MAE)

2. ผู้วิจัยนำข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น และ ความเร็วลม มาศึกษาโดยแบ่งเป็นค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน และค่าเฉลี่ย ในช่วงฤดูแล้ง
3. ผู้วิจัยนำข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น และ ความเร็วลม มาเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับค่าการระเหยของน้ำ โดยใช้ค่าทางสถิติ R2
4. ผู้วิจัยนำค่าอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่า การระเหยของน้ำภาคพื้นดิน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของโมเดล โดยใช้ค่าทางสถิติ ได้แก่ R2, RMSE, MAE และ ค่าเฉลี่ย
5. ผู้วิจัยนำข้อมูลการระเหยของน้ำจากแบบจำลอง นำมาวิเคราะห์หาแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลง รายเดือน และรายปี

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวหรือมากกว่ากับตัวแปรตามหนึ่งตัว แบบจำลองนี้ช่วยให้เราสามารถทำนายค่าของตัวแปรตามสำหรับค่าที่กำหนดของตัวแปร อิสระ

สมการการถดถอยเชิงเส้นทั่วไปมี ดังนี้:

$$Y = \alpha + \beta X \quad (2)$$

โดยที่:

- Y คือ ตัวแปรตาม
- X คือ ตัวแปรอิสระ
- α คือ ค่าตัดแกน y (intercept)
- β คือ ความชันของเส้น (slope)

พารามิเตอร์ α และ β ในสมการการถดถอยเชิงเส้นสามารถประมาณได้ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่าง เทคนิคทั่วไปที่ใช้ในการประมาณค่านี้คือวิธีการของกำลังสองน้อย ที่สุด (least squares method) ซึ่งจะลดผลรวมของกำลังสองของส่วนต่างระหว่างค่าที่ สังเกตได้และค่าที่ทำนายได้ หลังจากประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว เราจำเป็นต้องประเมิน

ประสิทธิภาพของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น มีมาตรการหลายประการที่ใช้ในการประเมินนี้ เช่น:

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient): วัดความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร
2. ค่า R-squared: วัดสัดส่วนของความแปรปรวนของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้โดยแบบจำลอง
3. ค่า Mean Absolute Error (MAE) และ Root Mean Squared Error (RMSE): วัดความแม่นยำของการทำนาย

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นมีข้อจำกัดบางประการที่ควรคำนึงถึง มีดังนี้:

1. ความสัมพันธ์เชิงเส้น: แบบจำลองนี้ใช้ได้เฉพาะเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นเชิงเส้น
2. การแจกแจงปกติ: ข้อมูลตัวอย่างควรมีการแจกแจงปกติ
3. ความเป็นอิสระของข้อผิดพลาด: ข้อผิดพลาดในการสังเกตควรเป็นอิสระต่อกัน

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นมีการประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา เช่น:

1. การทำนายยอดขาย
2. การวิเคราะห์ความเสี่ยง
3. การควบคุมคุณภาพ
4. การวิจัยทางการแพทย์

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเป็นเทคนิคทางสถิติที่มีประโยชน์ในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์และประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง เราสามารถใช้เทคนิคนี้เพื่อทำนายค่าของตัวแปรตามและทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรเป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหนึ่งตัวและตัวแปรอิสระหลายตัว ตัวแปรตามเป็นตัวแปรที่เราสนใจทำนาย ในขณะที่ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรที่เราเชื่อว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

สมการการถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรมีดังนี้:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3)$$

โดยที่:

Y	คือ ตัวแปรตาม
$X_1, X_2, \dots, X_n$	คือ ตัวแปรอิสระ
β_0	คือ ค่าคงที่
$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$	คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย
ε	คือ ค่าผิดพลาด

เป้าหมายของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรคือการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยและค่าคงที่ที่ทำให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุด วิธีการทั่วไปที่ใช้ในการประมาณค่าเหล่านี้คือวิธีการประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด (OLS)

หลังจากที่ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแล้ว เราก็สามารถใช้สมการการถดถอยเพื่อทำนายค่าของตัวแปรตามสำหรับค่าที่กำหนดของตัวแปรอิสระ การทำนายเหล่านี้สามารถใช้เพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับตัวแปรอิสระที่ควรใช้ในการทำนายตัวแปรตาม

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร อย่างไรก็ตาม เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องตระหนักถึงข้อจำกัดของเทคนิคนี้ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปรจะให้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อตัวแปรอิสระไม่สัมพันธ์กัน (ไม่มีการวางตัวรวม) และเมื่อค่าผิดพลาดเป็นแบบปกติและการกระจายแบบสุ่ม

p-value

ค่า p-value เป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติค่า p-value บ่งบอกความน่าจะเป็นที่ผลลัพธ์ที่สังเกตได้จะเกิดขึ้นโดยบังเอิญ หากสมมติฐานว่างเป็นจริง โดยทั่วไปแล้ว ค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.05 ถือว่ามีความสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายความว่ามีความน่าจะเป็นน้อยกว่า 5% ที่ผลลัพธ์ที่สังเกตได้จะเกิดขึ้นโดยบังเอิญ หากสมมติฐานว่างเป็นจริง ค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.01 ถือว่ามีความสำคัญทางสถิติอย่างมาก ซึ่งหมายความว่ามีความน่าจะเป็นน้อยกว่า 1% ที่ผลลัพธ์ที่สังเกตได้จะเกิดขึ้นโดยบังเอิญ หากสมมติฐานว่างเป็นจริง ค่า p-value ไม่ได้บอกว่าสมมติฐานว่างเป็นจริงหรือเท็จ

แต่บอกเพียงว่าผลลัพธ์ที่สังเกตได้มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นโดยบังเอิญมากน้อยเพียงใด ค่า p-value อาจได้รับผลกระทบจากขนาดตัวอย่าง ขนาดผล และระดับนัยสำคัญที่เลือก การตีความค่า p-value ควรพิจารณาในบริบทของการศึกษาและสมมติฐานที่ทดสอบ

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ค่าสหสัมพันธ์เป็นการวัดทางสถิติที่ใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว ค่าสหสัมพันธ์จะแสดงให้เห็นว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก เชิงลบ หรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

ประเภทของค่าสหสัมพันธ์มีค่าสหสัมพันธ์สองประเภทหลักๆ ได้แก่

1. ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

วัดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัว มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยที่

-1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบที่สมบูรณ์แบบ

0 แสดงถึงไม่มีความสัมพันธ์

1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่สมบูรณ์แบบ

2. ค่าสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's Rank Correlation Coefficient)

วัดความสัมพันธ์แบบโมโนโทนิก (monotonic) ระหว่างตัวแปรสองตัว มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 เช่นเดียวกับค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

การตีความค่าสหสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับขนาดและเครื่องหมายของค่าสหสัมพันธ์ มีดังนี้

1. ขนาดของค่าสหสัมพันธ์บ่งบอกถึงความแข็งแรงของ

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยทั่วไปแล้ว ค่าสหสัมพันธ์ที่มากกว่า 0.5 ถือว่าเป็นความสัมพันธ์ที่แข็งแรง

2. เครื่องหมายของค่าสหสัมพันธ์: เครื่องหมายของค่าสหสัมพันธ์

บ่งบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกบ่งบอกว่าเมื่อตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็เพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบบ่งบอกว่าเมื่อตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็ลดลง

เมื่อตีความค่าสหสัมพันธ์ มีข้อควรระวังบางประการที่ควรคำนึงถึง

1. ความสัมพันธ์ไม่เท่ากับการเกิดขึ้น ค่าสหสัมพันธ์บ่งบอกถึง

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเท่านั้น ไม่ได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งก่อให้เกิดอีกตัวแปรหนึ่ง

2. ตัวแปรที่ผิดพลาด ค่าสหสัมพันธ์อาจได้รับผลกระทบจากตัวแปรที่ผิดพลาด ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่ได้รวมอยู่ในแบบจำลอง แต่มีผลต่อตัวแปรที่กำลังศึกษา

3. ขนาดตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างมีผลต่อความแม่นยำของค่าสหสัมพันธ์ ขนาดตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นจะให้ค่าสหสัมพันธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นตัวชี้วัดทางสถิติที่ใช้ประเมินความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัว ค่านี้แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง โดยมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก (0 ถึง 1) บ่งชี้ว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวก กล่าวคือ เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าของอีกตัวแปรก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นลบ (-1 ถึง 0) บ่งชี้ว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงลบ กล่าวคือ เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าของอีกตัวแปรจะลดลง

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0 บ่งชี้ว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรทั้งสอง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สามารถใช้เพื่อทำนายค่าของตัวแปรหนึ่งจากค่าของอีกตัวแปรหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ควรสังเกตว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่ใช่วิธีวัดความเป็นเหตุเป็นผล กล่าวคือ แม้ว่าตัวแปรทั้งสองจะมีความสัมพันธ์เชิงบวก แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งทำให้เกิดอีกตัวแปรหนึ่ง

การตีความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความแข็งแรงของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองสามารถแบ่งออกเป็นระดับต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ที่อ่อนแอ: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.1 ถึง 0.3

2. ความสัมพันธ์ปานกลาง: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.3 ถึง 0.7

3. ความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่ง: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.7 ถึง 1

ข้อควรระวังในการใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สามารถได้รับผลกระทบจากค่าผิดปกติและข้อมูลที่หายไป
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่ใช่วัดความเป็นเหตุเป็นผล
3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สามารถใช้ได้เฉพาะกับตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้น

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)

ซึ่งใช้สำหรับวัดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัว x และ y สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร ดังต่อไปนี้:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}} \quad (4)$$

โดยที่:

r คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

X และ Y คือ ค่าของตัวแปรทั้งสอง

$\bar{X}$ และ $\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสอง

$\sum$ คือ เครื่องหมายผลรวม

รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง Root Mean Square

Error

ตัวชี้วัดทางสถิติที่ใช้ประเมินความแม่นยำของแบบจำลองในการทำนายค่าที่สังเกตได้ โดยวัดความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายได้และค่าที่สังเกตได้ โดยคำนวณค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าทั้งสอง ได้ดังนี้:

$$RMSE' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{\text{Predicted},i} - X_{\text{Observed},i})^2}{N}} \quad (5)$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{\text{Predicted},i} - X_{\text{Observed},i})^2}{N}}}{\frac{\sum_{i=1}^N X_{\text{Observed},i}}{N}} \times 100 \quad (6)$$

โดยที่:

RMSE' คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (ค่าสัมบูรณ์) (มีหน่วยตามตัวแปร X)

RMSE คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (ค่าสัมพัทธ์) (%)

$X_{\text{Predicted},i}$ คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองของข้อมูลที่ i

$X_{\text{Observed},i}$ คือ ค่าที่ได้จากการวัดข้อมูลที่ i

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Error)

ค่าความแตกต่างเฉลี่ยระหว่างค่าที่ทำนายโดยโมเดลกับค่าจริงที่สังเกตได้ โดยคำนวณโดยการหาค่าผลรวมของความแตกต่างเชิงบวกทั้งหมดระหว่างค่าที่ทำนายกับค่าจริง แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$MAE' = \frac{\sum_{i=1}^N |X_{\text{Predicted},i} - X_{\text{Observed},i}|}{N} \quad (7)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |X_{\text{Predicted},i} - X_{\text{Observed},i}|}{\frac{\sum_{i=1}^N |X_{\text{Observed},i}|}{N}} \times 100\% \quad (8)$$

โดยที่:

MAE' คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อน (ค่าสัมบูรณ์) (มีหน่วยตามตัวแปร X)

MAE คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อน (ค่าสัมพัทธ์) (%)

$X_{\text{Predicted},i}$ คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองของข้อมูลที่ i

$X_{\text{Observed},i}$ คือ ค่าที่ได้จากการวัดข้อมูลที่ i

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสานครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ซอฟต์แวร์สำหรับการวิจัย

1. โปรแกรม R studio

RStudio เป็นสภาพแวดล้อมการพัฒนาแบบบูรณาการ (IDE) สำหรับภาษา R ซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติและการสร้างภาพข้อมูล RStudio มีอินเทอร์เฟซผู้ใช้แบบกราฟิก (GUI) ที่ใช้งานง่ายซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถเขียนแก้ไข และรันโค้ด R ได้อย่างง่ายดาย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น การเน้นไวยากรณ์ การเติมข้อความอัตโนมัติ และการดีบั๊ก ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้พัฒนาโค้ด R ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. โปรแกรม IDL

โปรแกรม Interactive Data Language (IDL) เป็นภาษาโปรแกรมทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อถือได้ ซึ่งใช้กันในสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อสร้างการแสดงผลที่สื่อความหมายจากข้อมูลตัวเลขที่ซับซ้อน ตั้งแต่โปรแกรมการวิเคราะห์ขนาดเล็กไปจนถึงแอปพลิเคชันที่ใช้งานอย่างกว้างขวาง สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้เพื่อประมวลผลข้อมูลดาวเทียมที่มีจำนวนมากให้ออกมาเป็นตัวเลขที่เหมาะสมต่อการใช้งานในขั้นต่อไป

3. โปรแกรม Excel

Excel เป็นโปรแกรมสเปรดชีตที่พัฒนาโดย Microsoft ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดแอปพลิเคชันธุรกิจ Office ใช้เพื่อจัดระเบียบ จัดรูปแบบ และคำนวณข้อมูลในสเปรดชีต ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และจัดการข้อมูล Excel เป็นที่นิยมอย่างมาก

ในบริบททางการเงินและการบัญชี เนื่องจากช่วยให้สามารถสร้างตารางหมุน ภาพกราฟ และสูตรเพื่อวิเคราะห์ชุดข้อมูลที่ซับซ้อน มีให้บริการสำหรับแพลตฟอร์ม Windows, macOS, Android และ iOS และมักใช้ในงานธุรกิจ เช่น การจัดทำงบประมาณ การคาดการณ์ และการบัญชี

4. โปรแกรม Visual Studio

Visual Studio เป็นแพลตฟอร์มการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาโดย Microsoft ซึ่งมีเครื่องมือและโปรแกรมสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ในหลายภาษาโปรแกรม เช่น C#, C++, Visual Basic, F#, Python, และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือสำหรับการสร้างและบริหารจัดการโปรเจกต์ รวมถึงเครื่องมือสำหรับการทดสอบ และการจัดการโค้ด ซึ่งเป็นที่นิยมในการพัฒนาซอฟต์แวร์และแอปพลิเคชันต่าง ๆ ทั้งในระดับบุคคลและองค์กรใหญ่ นอกจากนี้ Visual Studio ยังมีเวอร์ชันย่อยอื่น ๆ เช่น Visual Studio Code ที่เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาโดยใช้ระบบปฏิบัติการสื่อสารอินเทอร์เน็ต และ Visual Studio for Mac ที่พัฒนาสำหรับผู้ใช้ Mac OS X ด้วย

ข้อมูลสำหรับการวิจัย

ข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ได้จาก NCEP/NCAR เป็นข้อมูลทุก 4 ชั่วโมง แล้วนำมาหาเฉลี่ยรายวัน

ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ได้จากดาวเทียม CERES เป็นค่าเฉลี่ยรายวัน

ข้อมูลการระเหยของน้ำภาคพื้นดิน (ground based) เป็นค่ารายวัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

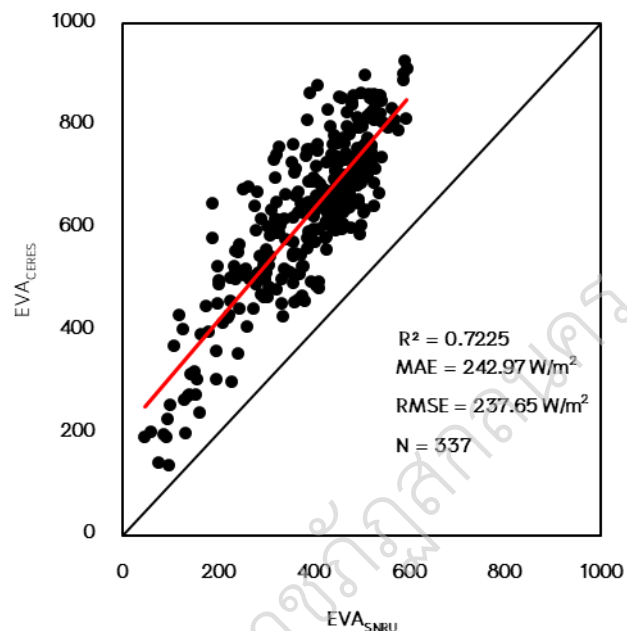
ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับต่อไปนี้

การเปรียบเทียบข้อมูลรังสีอาทิตย์ระหว่างสถานีสกลนครกับข้อมูล

ดาวเทียม

งานวิจัยนี้ ผู้นำเสนอได้นำข้อมูลรังสีอาทิตย์ ที่ได้จากสถานีวัดมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร นำมาหาค่าเฉลี่ยรายวันเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จาก CERES โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ รากที่สองของค่าเฉลี่ย

ความแตกต่างยกกำลังสอง และความแตกต่างในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย ผลการวิเคราะห์ ข้อมูลรังสีอาทิตย์ปรากฏ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์จากสถานี SNRU

จากภาพประกอบ 2 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์จากสถานี SNRU และ CERES ในปี ค.ศ. 2020 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรังสีอาทิตย์ของสถานีวัดมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กับ CERES มีค่าเท่ากับ 0.72 ซึ่งบ่งบอกถึงข้อมูลทั้งหมดมีความสัมพันธ์สูงทางบวก ค่า RMSE เท่ากับ 237.65 W/m^2 และ MAE เท่ากับ 242.97 W/m^2

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่นำมาศึกษา

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา โดยการแบ่งช่วงของการศึกษา ออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงของฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และ ช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม ดังแสดงในตาราง 1-3

ตาราง 1 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจากข้อมูลดาวเทียมตลอดทั้งปี

จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	SR (W/m ²)	TEM (°C)	RH (%)	WS (m/s)
อำนาจเจริญ	15.9	104.62	639.18	26.52	82.13	2.74
บึงกาฬ	18.18	103.73	594.67	26.52	82.13	2.81
บุรีรัมย์	14.94	103.1	644.80	26.54	82.64	2.57
ชัยภูมิ	15.81	102.02	636.29	27.26	80.73	2.52
กาฬสินธุ์	16.53	104.05	635.07	26.52	82.13	2.67
ขอนแก่น	16.42	102.85	633.09	26.52	82.13	2.57
เลย	17.28	101.75	608.15	27.48	76.26	2.42
มหาสารคาม	15.84	103.37	636.90	26.52	82.13	2.62
มุกดาหาร	16.54	104.72	627.26	26.52	82.13	2.89
นครพนม	17.41	104.77	608.54	26.52	82.13	2.96
นครราชสีมา	14.97	102.08	631.86	27.26	80.73	2.58
หนองบัวลำภู	17.20	102.44	625.83	27.48	76.26	2.49
หนองคาย	17.84	102.57	622.42	26.51	81.96	2.60
ร้อยเอ็ด	16.07	103.64	639.16	26.52	82.13	2.67
สกลนคร	17.62	103.96	632.25	25.99	84.21	2.84
ศรีสะเกษ	15.09	104.33	644.08	26.54	82.64	2.61
สุรินทร์	14.88	103.49	642.14	26.54	82.64	2.60
อุบลราชธานี	15.12	104.89	637.93	26.54	82.64	2.66
อุดรธานี	17.41	102.78	631.91	26.52	82.13	2.58
ยโสธร	15.36	104.36	642.64	26.54	82.64	2.67

จากตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาของแต่ละตัวแปรตลอดทั้งปี พบว่า ความเข้มแสงมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ 644.80 W/m² รองลงมาคือจังหวัดศรีสะเกษ ที่ 644.08 W/m² อุณหภูมิมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดหนองบัวลำภูและเลย ที่ 27.48°C รองลงมา คือ จังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมา ที่ 27.26°C ความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดสกลนครที่ 83.97% รองลงมา คือ จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ

สุรินทร์ อุบลราชธานี และยโสธร ที่ 80.94% อัตราเร็วลมมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ 2.91 m/s รองลงมา คือ จังหวัดมุกดาหาร ที่ 2.84 m/s

ตาราง 2 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจากข้อมูลดาวเทียมช่วงฤดูฝน

จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	SR (W/m ²)	TEM (°C)	RH (%)	WS (m/s)
อำนาจเจริญ	15.9	104.62	627.54	27.33	91.22	2.65
บึงกาฬ	18.18	103.73	574.35	27.32	91.22	2.77
บุรีรัมย์	14.94	103.1	638.94	26.71	90.75	2.53
ชัยภูมิ	15.81	102.02	626.31	26.93	92.41	2.49
กาฬสินธุ์	16.53	104.05	624.77	27.33	91.22	2.60
ขอนแก่น	16.42	102.85	624.75	27.33	91.22	2.51
เลย	17.28	101.75	590.18	27.40	90.80	2.35
มหาสารคาม	15.84	103.37	629.16	27.33	91.22	2.55
มุกดาหาร	16.54	104.72	609.21	27.33	91.22	2.79
นครพนม	17.41	104.77	588.65	27.33	91.22	2.86
นครราชสีมา	14.97	102.08	619.57	26.93	92.41	2.60
หนองบัวลำภู	17.2	102.44	615.53	27.40	90.80	2.42
หนองคาย	17.84	102.57	612.49	27.44	89.17	2.53
ร้อยเอ็ด	16.07	103.64	631.17	27.33	91.22	2.60
สกลนคร	17.62	103.96	618.18	24.75	86.30	2.75
ศรีสะเกษ	15.09	104.33	632.81	26.71	90.75	2.53
สุรินทร์	14.88	103.49	633.72	26.71	90.75	2.57
อุบลราชธานี	15.12	104.89	621.80	26.71	90.75	2.58
อุดรธานี	17.41	102.78	623.75	27.33	91.22	2.50
ยโสธร	15.36	104.36	634.63	26.71	90.75	2.59

จากตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาของแต่ละตัวแปร ในช่วงฤดูฝน พบว่า ความเข้มแสงมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ 638.94 W/m²

รองลงมาคือจังหวัดยโสธร ที่ 634.63 W/m^2 อุณหภูมิมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดหนองคาย ที่ 27.44°C รองลงมา คือ จังหวัดหนองบัวลำภูและเลย ที่ 27.40°C ความชื้นสัมพัทธ์ มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมาที่ 92.77% รองลงมาคือจังหวัดบึงกาฬ ที่ 91.55% อัตราเร็วลมมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดนครพนม ที่ 2.86 m/s รองลงมา คือ จังหวัดบึงกาฬ ที่ 2.74 m/s

ตาราง 3 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาจากข้อมูลดาวเทียมช่วงฤดูแล้ง

จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	SR (W/m^2)	TEM ($^\circ\text{C}$)	RH (%)	WS (m/s)
อำนาจเจริญ	15.90	104.62	650.82	25.71	73.05	2.82
บึงกาฬ	18.18	103.73	614.99	25.73	73.05	2.86
บุรีรัมย์	14.94	103.10	650.67	26.37	74.54	2.62
ชัยภูมิ	15.81	102.02	646.27	27.59	69.06	2.55
กาฬสินธุ์	16.53	104.05	645.37	25.71	73.05	2.75
ขอนแก่น	16.42	102.85	641.43	25.71	73.05	2.62
เลย	17.28	101.75	626.11	27.56	61.72	2.49
มหาสารคาม	15.84	103.37	644.65	25.71	73.05	2.68
มุกดาหาร	16.54	104.72	645.32	25.71	73.05	2.98
นครพนม	17.41	104.77	628.43	25.71	73.05	3.06
นครราชสีมา	14.97	102.08	644.15	27.59	69.06	2.57
หนองบัวลำภู	17.20	102.44	636.13	27.56	61.72	2.57
หนองคาย	17.84	102.57	632.34	25.58	74.75	2.67
ร้อยเอ็ด	16.07	103.64	647.14	25.71	73.05	2.75
สกลนคร	17.62	103.96	646.31	27.24	82.12	2.93
ศรีสะเกษ	15.09	104.33	655.34	26.37	74.54	2.69
สุรินทร์	14.88	103.49	650.56	26.37	74.54	2.62
อุบลราชธานี	15.12	104.89	654.05	26.37	74.54	2.75
อุดรธานี	17.41	102.78	640.08	25.71	73.05	2.66
ยโสธร	15.36	104.36	650.64	26.37	74.54	2.75

จากตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาของแต่ละตัวแปร ในช่วงฤดูแล้ง พบว่า ความเข้มแสงมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดศรีสะเกษ ที่ 655.34 W/m^2 รองลงมา คือ จังหวัดอุบลราชธานีที่ 654.05 W/m^2 อุณหภูมิมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดชัยภูมิ และนครราชสีมาที่ 27.59°C รองลงมา คือ จังหวัดหนองคาย ที่ 27.58°C ความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดสกลนคร ที่ 82.09% รองลงมา คือ จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สุรินทร์อุบลราชธานี และยโสธร ที่ 71.03% อัตราเร็วลมมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดนครพนม ที่ 2.97 m/s รองลงมา คือ จังหวัดมุกดาหาร ที่ 2.90 m/s

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อ

แบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองผู้วิจัยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของข้อมูลการระเหยของน้ำกับตัวแปร

จังหวัด	SR (W/m^2)	TEM ($^\circ\text{C}$)	RH (%)	WS (m/s)
อำนาจเจริญ	0.34	0.02	0.07	0.00
บึงกาฬ	0.25	0.00	0.01	0.00
บุรีรัมย์	0.25	0.19	0.09	0.00
ชัยภูมิ	0.25	0.18	0.08	0.00
กาฬสินธุ์	0.25	0.08	0.00	0.00
ขอนแก่น	0.09	0.04	0.00	0.00
เลย	0.37	0.16	0.04	0.00
มหาสารคาม	0.19	0.08	0.00	0.00
มุกดาหาร	0.15	0.02	0.01	0.00
นครพนม	0.02	0.00	0.00	0.00
นครราชสีมา	0.29	0.06	0.03	0.00
หนองบัวลำภู	0.17	0.06	0.06	0.00
หนองคาย	0.17	0.08	0.02	0.00

ตาราง 4 (ต่อ)

จังหวัด	SR (W/m ²)	TEM (°C)	RH (%)	WS (m/s)
ร้อยเอ็ด	0.22	0.03	0.01	0.00
สกลนคร	0.30	0.04	0.01	0.00
ศรีสะเกษ	0.30	0.07	0.01	0.00
สุรินทร์	0.40	0.08	0.02	0.00
อุบลราชธานี	0.23	0.03	0.02	0.00
อุดรธานี	0.12	0.04	0.00	0.00
ยโสธร	0.16	0.03	0.02	0.00

การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำ

ในการพัฒนาแบบจำลองผู้วิจัยได้เรียงตามลำดับความสัมพันธ์ของตัวแปร EVA กับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ได้แบบจำลองทั้งหมด แบบจำลองดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลอง	SR (W /m ²)	TEM (°C)	RH (%)	WS (m/s)
1	/			
2	/	/		
3	/	/	/	
4	/	/	/	/

จากตาราง 5 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นพบว่า ในแต่ละจังหวัดใช้แบบจำลองที่เหมาะสมแตกต่างกันออกไป แบบจำลองที่ 4 เป็นแบบจำลองที่พบมากที่สุด คือแบบจำลองที่ 4 ใช้ในจังหวัดบึงกาฬ ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ มหาสารคาม มุกดาหาร นครราชสีมา หนองบัวลำภู หนองคาย ร้อยเอ็ด สกลนคร ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี และอุดรธานี รองลงมาลำดับที่ 2 คือ แบบจำลองที่ 2 ใช้ในจังหวัดบุรีรัมย์ ขอนแก่น และ

ยโสธร รองลงมาลำดับที่ 3 คือ แบบจำลองที่ 3 ใช้ในจังหวัดอำนาจเจริญและเลย ลำดับสุดท้าย คือ แบบจำลองที่ 1 ใช้ในจังหวัดนครพนม

ตาราง 6 สัมประสิทธิ์ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ

จังหวัด	แบบจำลอง	$\beta_0(\text{Intercept})$	$\beta_1(\text{SR})$	$\beta_2(\text{TEMP})$	$\beta_3(\text{RHI})$	$\beta_4(\text{WS})$
อำนาจเจริญ	3	-6.840	0.007***	0.023	-0.011	
บึงกาฬ	4	-11.470	0.008***	0.027	0.013**	0.321*
บุรีรัมย์	2	-74.63***	0.008***	0.246***		
ชัยภูมิ	4	-106.30***	0.006***	0.353***	-0.001	0.603***
กาฬสินธุ์	4	-36.69***	0.007***	0.113***	0.010*	0.230
ขอนแก่น	2	-39.79***	0.007***	0.132***		
เลย	3	-52.11***	0.005***	0.172***	0.006*	
มหาสารคาม	4	-41.92***	0.007***	0.131***	0.008*	0.464***
มุกดาหาร	4	-39.88***	0.006***	0.131***	-0.001	0.341*
นครพนม	1	-0.11	0.007**			
นครราชสีมา	4	-74.01***	0.008***	0.236***	0.007	0.732***
หนองบัวลำภู	4	-41.33***	0.008***	0.135***	-0.007*	0.300
หนองคาย	4	-42.25**	0.006***	0.141**	-0.003	0.160
ร้อยเอ็ด	4	-33.18***	0.009***	0.104***	-0.002	0.352*
สกลนคร	4	-11.60	0.005***	0.042	-0.003	-0.124
ศรีสะเกษ	4	-47.22***	0.007***	0.149***	0.010**	0.329**
สุรินทร์	4	-43.22***	0.008***	0.136***	0.002	0.461***
อุบลราชธานี	4	-43.22***	0.008***	0.136***	0.002	0.461***
อุดรธานี	4	-49.77***	0.009***	0.151***	0.008	0.614***
ยโสธร	2	-27.72	0.007***	0.092		

***independent variable is significant at the $\alpha = 0.001$ level

**independent variable is significant at the $\alpha = 0.01$ level

*Independent variable is significant at the $\alpha = 0.05$ level

จากตาราง 6 พบว่า สัมประสิทธิ์ของ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561–2565 ตลอดทั้งปี มีลำดับนัยสำคัญของแต่ละตัวแปรที่มีความแตกต่างกัน ค่า $\beta_{0(\text{Intercept})}$ มีนัยสำคัญในเชิงลบ เกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดอำนาจเจริญ บึงกาฬ นครพนม สกลนคร และยโสธร $\beta_{1(\text{SR})}$ มีนัยสำคัญในทุกจังหวัด $\beta_{2(\text{TEMP})}$ มีนัยสำคัญเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดอำนาจเจริญ บึงกาฬ มุกดาหาร นครราชสีมาสกลนคร และยโสธร $\beta_{3(\text{RH})}$ มีนัยสำคัญในจังหวัดบึงกาฬ กาฬสินธุ์ เลย มหาสารคาม หนองบัวลำภู และศรีสะเกษ ส่วน $\beta_{4(\text{WS})}$ มีนัยสำคัญในเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดกาฬสินธุ์ หนองบัวลำภู หนองคาย และสกลนคร

การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการระเหยของน้ำ

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ย, R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดินกับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME ตลอดทั้งปี

จังหวัด	EVA _{Observed} (mm)	EVA _{predicted} (mm)	R^2	RMSE	MAE
อำนาจเจริญ	4.07	4.07	1.00	0.06	0.05
บึงกาฬ	4.06	4.06	1.00	0.03	0.03
บุรีรัมย์	4.29	4.29	0.98	0.18	0.15
ชัยภูมิ	5.40	5.40	0.88	0.40	0.32
กาฬสินธุ์	3.87	3.87	0.99	0.11	0.09
ขอนแก่น	4.39	4.39	0.84	0.37	0.29
เลย	3.62	3.62	0.95	0.05	0.04
มหาสารคาม	4.35	4.35	0.75	0.32	0.26
มุกดาหาร	4.54	4.54	0.64	0.36	0.28
นครพนม	4.37	4.37	0.88	0.27	0.15
นครราชสีมา	4.72	4.72	0.76	0.35	0.29
หนองบัวลำภู	4.66	4.66	0.70	0.42	0.30
หนองคาย	4.49	4.49	0.56	0.70	0.57
ร้อยเอ็ด	4.77	4.77	0.71	0.37	0.29

ตาราง 7 (ต่อ)

จังหวัด	EVA _{Observed} (mm)	EVA _{predicted} (mm)	R ²	RMSE	MAE
สกลนคร	4.18	4.18	0.83	0.15	0.11
ศรีสะเกษ	4.33	4.33	0.79	0.27	0.22
สุรินทร์	4.55	4.55	0.78	0.31	0.26
อุบลราชธานี	4.38	4.39	0.78	0.41	0.31
อุดรธานี	4.14	4.14	0.74	0.37	0.28
ยโสธร	4.51	4.51	0.62	0.34	0.32

จากตาราง 7 ข้อมูล R², RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดินกับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME พบว่า จังหวัดบึงกาฬมีค่า R² มากที่สุดที่ 0.97 รองลงมาคือจังหวัดเลย มีค่า R² เท่ากับ 0.95 ค่า RMSE เท่ากับ 0.05 และค่า MAE เท่ากับ 0.04

ตาราง 8 สัมประสิทธิ์ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561–2565 ฤดูแล้ง

จังหวัด	แบบจำลอง	$\beta_0(\text{Intercept})$	$\beta_1(\text{SR})$	$\beta_2(\text{TEMP})$	$\beta_3(\text{RHI})$	$\beta_4(\text{WS})$
อำนาจเจริญ	2	-0.55	0.004	0.081***		
บึงกาฬ	4	-4.13	0.009**	0.023	0.014	0.240
บุรีรัมย์	4	-9.26***	0.005	0.363***	0.001	0.555*
ชัยภูมิ	4	-10.56***	0.004	0.394**	0.003	0.598***
กาฬสินธุ์	3	-7.53***	0.011***	0.083**	0.024***	
ขอนแก่น	3	-4.96**	0.007**	0.125**	0.015	
เลย	2	-4.45***	0.006***	0.146***		
มหาสารคาม	4	-7.77***	0.009***	0.118***	0.026***	0.317*
มุกดาหาร	4	-7.00***	0.010***	0.110***	0.024**	0.144
นครพนม	3	0.91	0.001	0.077	0.008	

ตาราง 8 (ต่อ)

จังหวัด	แบบจำลอง	$\beta_{0(\text{Intercept})}$	$\beta_{1(\text{SR})}$	$\beta_{2(\text{TEMP})}$	$\beta_{3(\text{RHI})}$	$\beta_{4(\text{WS})}$
นครราชสีมา	2	-4.71***	0.007**	0.178**		
หนองบัวลำภู	5	-5.38**	0.007**	0.158***	0.001	0.500*
หนองคาย	2	-4.40*	0.0103***	0.090		
ร้อยเอ็ด	4	-6.80***	0.012***	0.060	0.016*	0.291
สกลนคร	2	-18.45***	0.006**	0.674***		
ศรีสะเกษ	3	-5.40***	0.007**	0.142***	0.016**	
สุรินทร์	4	-5.58***	0.007***	0.147***	0.010*	0.328*
อุบลราชธานี	3	-6.48***	0.008**	0.147**	0.020*	
อุดรธานี	4	-8.94***	0.011***	0.124***	0.016**	0.459**
ยโสธร	3	-5.10*	0.009*	0.088	0.016	

***independent variable is significant at the $\alpha = 0.001$ level

**independent variable is significant at the $\alpha = 0.01$ level

*Independent variable is significant at the $\alpha = 0.05$ level

จากตาราง 8 สัมประสิทธิ์ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 ในช่วงฤดูแล้ง พบว่า สัมประสิทธิ์ของ Fixed effect of LME มีลำดับนัยสำคัญของแต่ละตัวแปรที่มีความแตกต่างกัน ค่า $\beta_{0(\text{Intercept})}$ มีนัยสำคัญในเชิงลบเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดอำนาจเจริญและบึงกาฬไม่มีนัยสำคัญ แต่ค่าติดลบ ส่วนนครพนมไม่มีนัยสำคัญและค่าสัมประสิทธิ์ไม่ติดลบ $\beta_{1(\text{SR})}$ มีนัยสำคัญในเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดอำนาจเจริญ บุรีรัมย์ ชัยภูมิ และนครพนม $\beta_{2(\text{TEMP})}$ มีนัยสำคัญเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดบึงกาฬ นครพนม หนองคาย ร้อยเอ็ด และยโสธร $\beta_{3(\text{RHI})}$ มีนัยสำคัญในจังหวัดกาฬสินธุ์ มหาสารคาม มุกดาหาร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี และอุดรธานี ส่วน $\beta_{4(\text{WS})}$ มีนัยสำคัญในทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดบึงกาฬ มุกดาหาร และร้อยเอ็ด

ตาราง 9 ข้อมูล R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดินกับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME ฤดูแล้ง

จังหวัด	EVA_{Observed} (mm)	$EVA_{\text{predicted}}$ (mm)	R^2	RMSE	MAE
อำนาจเจริญ	4.46	4.45	1.00	0.00	0.00
บึงกาฬ	4.15	4.15	0.92	0.05	0.04
บุรีรัมย์	4.41	4.41	0.75	0.43	0.35
ชัยภูมิ	5.64	4.41	1.00	0.00	0.00
กาฬสินธุ์	3.81	3.81	0.98	0.03	0.02
ขอนแก่น	4.35	4.35	0.86	0.18	0.15
เลย	3.61	3.61	0.79	0.31	0.26
มหาสารคาม	4.33	4.33	0.84	0.25	0.20
มุกดาหาร	4.70	4.7	0.79	0.25	0.21
นครพนม	4.74	4.74	0.87	0.27	0.15
นครราชสีมา	4.81	4.81	0.80	0.26	0.20
หนองบัวลำภู	4.93	4.93	0.70	0.38	0.26
หนองคาย	4.41	4.41	0.92	0.12	0.10
ร้อยเอ็ด	4.87	4.87	0.77	0.27	0.21
สกลนคร	4.22	4.22	0.78	0.31	0.25
ศรีสะเกษ	4.39	4.39	0.76	0.27	0.22
สุรินทร์	4.67	4.67	0.80	0.25	0.21
อุบลราชธานี	4.64	4.65	0.68	0.36	0.30
อุดรธานี	4.11	4.11	0.95	0.10	0.08
ยโสธร	4.74	4.74	0.72	0.24	0.19

จากตาราง 9 ข้อมูล R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดินกับอัตราการระเหยของน้ำในช่วงฤดูแล้ง ที่ได้จากแบบจำลอง LME พบว่า จังหวัดอำนาจเจริญและชัยภูมิ มีค่า R^2 มากที่สุดที่ 1.00 ค่า RMSE เท่ากับ 0.00 และค่า MAE เท่ากับ 0.00 รองลงมา คือ จังหวัดเลย มีค่า R^2 เท่ากับ 0.98 ค่า RMSE เท่ากับ 0.03 และค่า MAE เท่ากับ 0.02

ตาราง 10 สัมประสิทธิ์ของ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ
โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 ฤดูฝน

จังหวัด	แบบจำลอง	$\beta_{0(\text{Intercept})}$	$\beta_{1(\text{SR})}$	$\beta_{2(\text{TEMP})}$	$\beta_{3(\text{RHI})}$	$\beta_{4(\text{WS})}$
อำนาจเจริญ	3	8.87	0.008***	0.085	-0.137*	
บึงกาฬ	4	-12.38*	0.010***	-0.151	0.144	0.401
บุรีรัมย์	1	-1.44	0.008***			
ชัยภูมิ	4	-8.30	0.006***	0.456**	-0.055	0.805***
กาฬสินธุ์	4	-0.18	0.006***	0.429***	-0.140*	0.549**
ขอนแก่น	4	0.78	0.006***	0.367***	-0.123***	0.352
เลย	4	-11.08**	0.006***	0.279**	0.026	0.471*
มหาสารคาม	4	2.03	0.006***	0.364**	-0.143	0.596**
มุกดาหาร	4	-0.89	0.005***	0.302*	-0.085	0.482*
นครพนม	2	5.28*	0.007***	-0.207		
นครราชสีมา	4	-1.27	0.009***	0.103	-0.056	1.011***
หนองบัวลำภู	4	-6.69	0.007***	0.254*	-0.004	0.018
หนองคาย	4	3.21	0.005*	-0.023	-0.035	0.627
ร้อยเอ็ด	4	5.47	0.005***	0.561***	-0.229**	0.392*
สกลนคร	4	-6.44	0.005***	0.101	0.057	0.005
ศรีสะเกษ	4	-7.15	0.007***	0.264*	-0.018	0.494**
สุรินทร์	4	-10.39	0.007***	0.575***	-0.080	0.821***
อุบลราชธานี	4	-4.12	0.006***	0.495**	-0.111	0.489*
อุดรธานี	4	-11.95*	0.008***	0.221	0.032	0.618*
ยโสธร	4	-14.56	0.005**	0.346	0.060	0.162

***independent variable is significant at the $\alpha = 0.001$ level

**independent variable is significant at the $\alpha = 0.01$ level

*Independent variable is significant at the $\alpha = 0.05$ level

จากตาราง 10 สัมประสิทธิ์ Fixed effect of LME สำหรับแบบจำลองการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561–2565 ในช่วงฤดูฝน พบว่า สัมประสิทธิ์ของ Fixed effect of LME มีลำดับนัยสำคัญของแต่ละตัวแปรที่มีความแตกต่างกัน ค่า $\beta_{0(\text{Intercept})}$ มีนัยสำคัญในเชิงลบเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดขอนแก่น มหาสารคาม นครพนม หนองคาย และร้อยเอ็ด $\beta_{1(\text{SR})}$ มีนัยสำคัญในทุกจังหวัด $\beta_{2(\text{TEMP})}$ มีนัยสำคัญเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดอำนาจเจริญ นครพนม นครราชสีมา หนองคาย สกลนคร อุตรดิตถ์ และยโสธร $\beta_{3(\text{RHI})}$ มีนัยสำคัญในจังหวัดอำนาจเจริญ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม และร้อยเอ็ด ส่วน $\beta_{4(\text{WS})}$ มีนัยสำคัญเกือบทุกจังหวัด ยกเว้นจังหวัดบึงกาฬ ขอนแก่น หนองบัวลำภู หนองคาย สกลนคร และยโสธร

ตาราง 11 ข้อมูล R^2 , RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดินกับอัตราการระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลอง LME ฤดูฝน

จังหวัด	EVA _{Observed} (mm)	EVA _{predicted} (mm)	R^2	RMSE	MAE
อำนาจเจริญ	3.69	3.69	0.96	0.10	0.08
บึงกาฬ	3.97	3.97	0.92	0.09	0.07
บุรีรัมย์	4.17	4.17	0.68	0.43	0.34
ชัยภูมิ	5.16	5.16	0.74	0.33	0.26
กาฬสินธุ์	3.93	3.93	0.82	0.26	0.21
ขอนแก่น	4.44	4.44	1.00	0.00	0.00
เลย	3.63	3.63	0.68	0.28	0.22
มหาสารคาม	4.36	4.37	0.94	0.08	0.07
มุกดาหาร	4.38	4.38	0.99	0.01	0.01
นครพนม	3.99	3.99	0.99	0.03	0.01
นครราชสีมา	4.63	4.63	0.87	0.18	0.15
หนองบัวลำภู	4.39	4.39	0.91	0.11	0.09
หนองคาย	4.56	4.56	0.93	0.07	0.06
ร้อยเอ็ด	4.67	4.67	0.97	0.05	0.04
สกลนคร	4.14	4.14	0.96	0.04	0.03

ตาราง 11 (ต่อ)

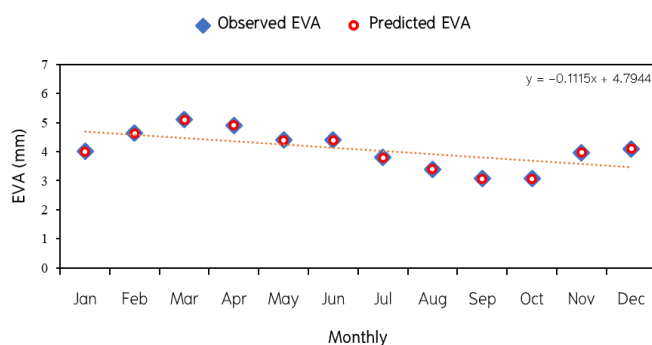
จังหวัด	EVA _{Observed} (mm)	EVA _{predicted} (mm)	R ²	RMSE	MAE
ศรีสะเกษ	4.27	4.27	0.85	0.23	0.19
สุรินทร์	4.44	4.44	1.00	0.00	0.00
อุบลราชธานี	4.13	4.13	0.97	0.04	0.03
อุดรธานี	4.18	4.18	1.00	0.00	0.00
ยโสธร	4.27	4.28	0.96	0.05	0.04

จากตาราง 11 ข้อมูล R², RMSE, และ MAE ของอัตราการระเหยของน้ำภาคพื้นดินกับอัตราการระเหยของน้ำในช่วงฤดูฝน ที่ได้จากแบบจำลอง LME พบว่า จังหวัดขอนแก่น สุรินทร์ และอุดรธานี มีค่า R² มากที่สุดที่ 1.00 ค่า RMSE เท่ากับ 0.00 และค่า MAE เท่ากับ 0.00 รองลงมา คือ จังหวัดมุกดาหารและนครพนม มีค่า R² เท่ากับ 0.99 ค่า RMSE เท่ากับ 0.01 และค่า MAE เท่ากับ 0.01 และ RMSE เท่ากับ 0.03 และค่า MAE เท่ากับ 0.01 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้กับค่าที่ได้จากแบบจำลองรายปีของแต่ละจังหวัด

การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสานผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลรายปีของการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลการระเหยของน้ำภาคพื้นดินจากสถานีในจังหวัดภาคอีสาน และจากการแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ ในพื้นที่ภาคอีสาน ประกอบไปด้วย 20 จังหวัด ดังต่อไปนี้

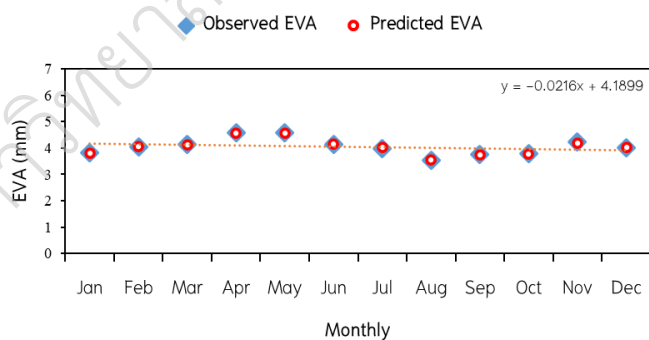
อำนาจเจริญ



ภาพประกอบ 3 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอำนาจเจริญ

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดอำนาจเจริญ พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณเท่ากับ 5.10 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน และตุลาคม เท่ากับ 3.07 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 mm

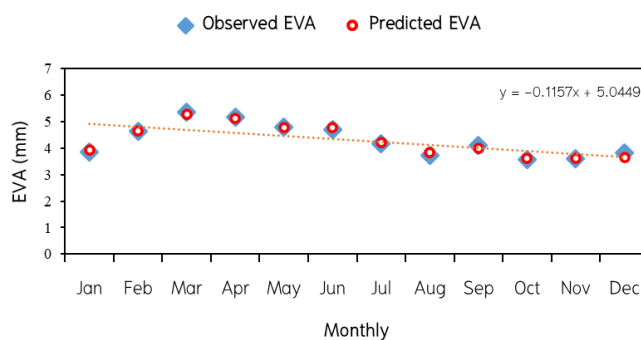
บึงกาฬ



ภาพประกอบ 4 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบึงกาฬ

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดบึงกาฬ พบว่า มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน และพฤษภาคม ปริมาณเท่ากับ 4.57 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม 3.54 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 mm

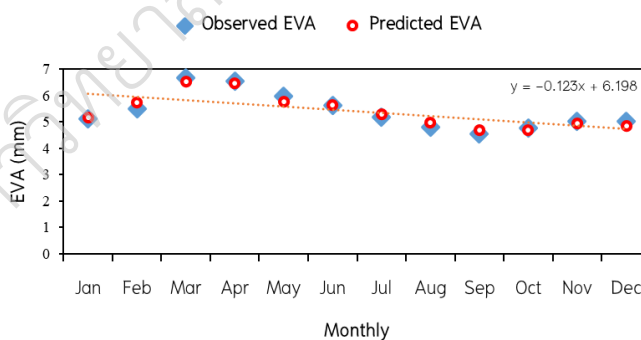
บุรีรัมย์



ภาพประกอบ 5 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบุรีรัมย์

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณเท่ากับ 5.28 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 3.61 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 mm

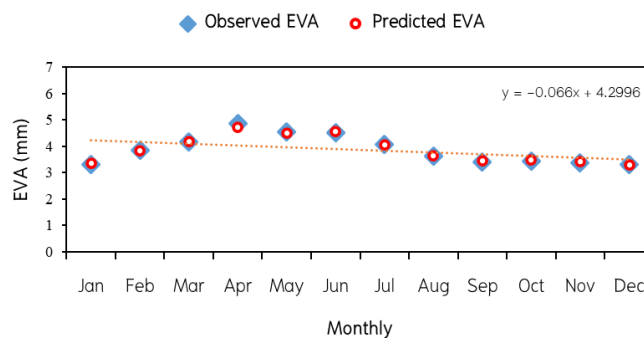
ชัยภูมิ



ภาพประกอบ 6 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดชัยภูมิ

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดชัยภูมิ พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณเท่ากับ 6.54 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 4.69 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.40 mm

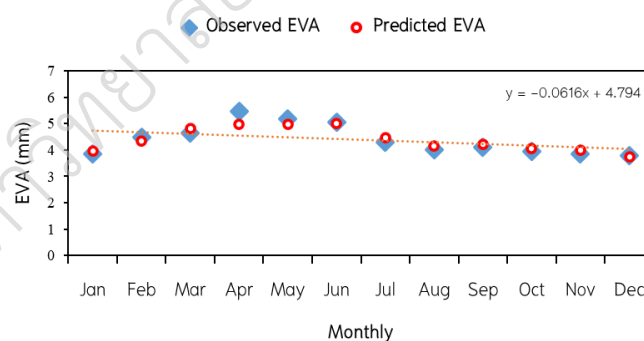
กาฬสินธุ์



ภาพประกอบ 7 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดกาฬสินธุ์

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 4.73 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 3.28 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 mm

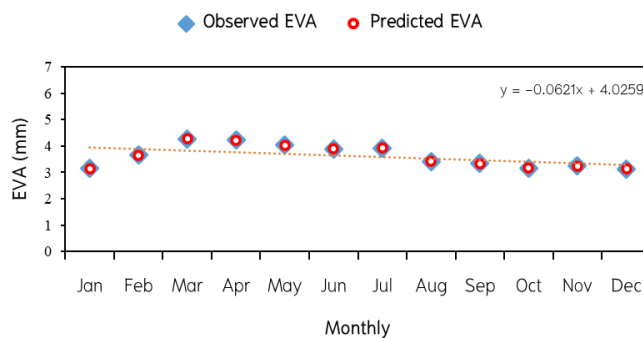
ขอนแก่น



ภาพประกอบ 8 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดขอนแก่น

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดขอนแก่น พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน ปริมาณเท่ากับ 5.00 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 3.73 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 mm

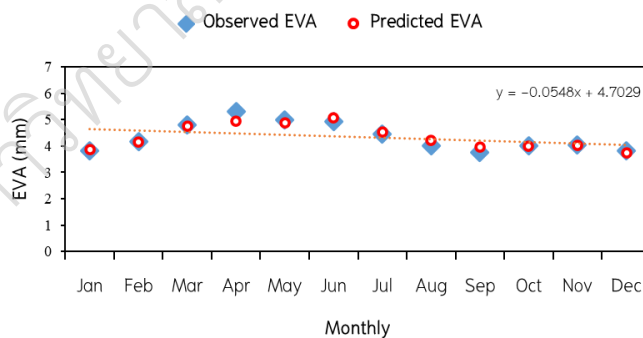
เลย



ภาพประกอบ 9 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดเลย

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดเลย พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณเท่ากับ 4.27 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 3.13 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 mm

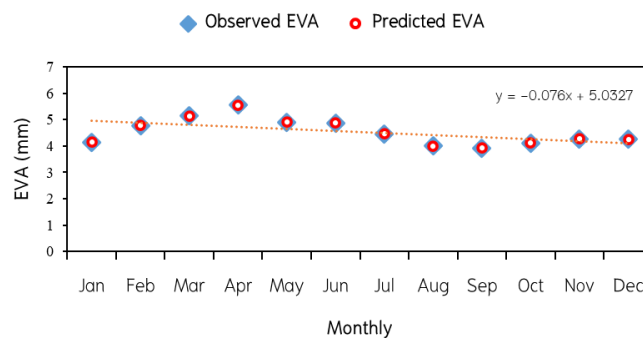
มหาสารคาม



ภาพประกอบ 10 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมหาสารคาม

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดมหาสารคาม พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน ปริมาณเท่ากับ 5.09 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 3.74 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 mm

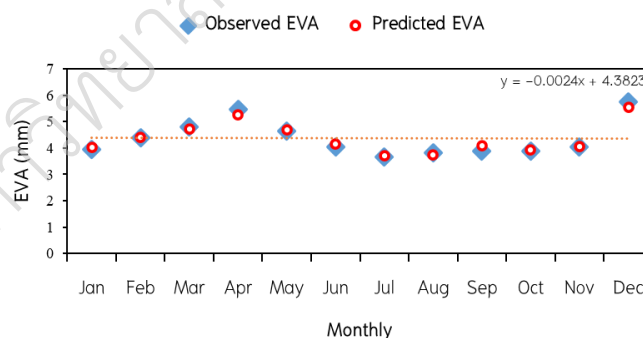
มุกดาหาร



ภาพประกอบ 11 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมุกดาหาร

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดมุกดาหาร พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 5.54 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 3.94 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 mm

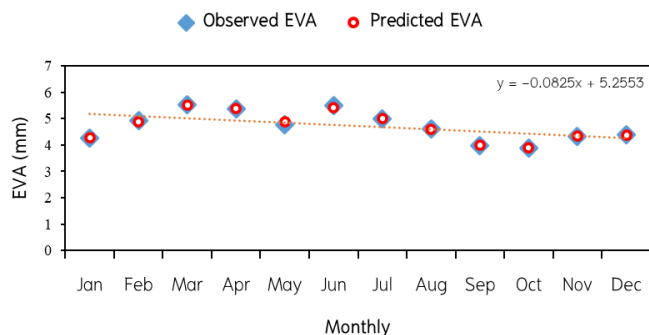
นครพนม



ภาพประกอบ 12 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครพนม

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดนครพนม พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม ปริมาณเท่ากับ 5.56 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 3.71 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 mm

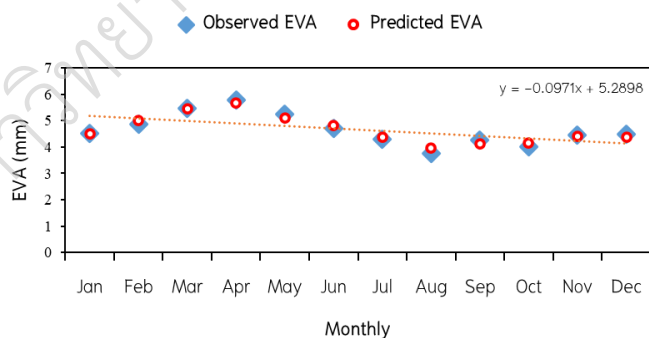
นครราชสีมา



ภาพประกอบ 13 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครราชสีมา

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณเท่ากับ 5.53 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 3.90 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 mm

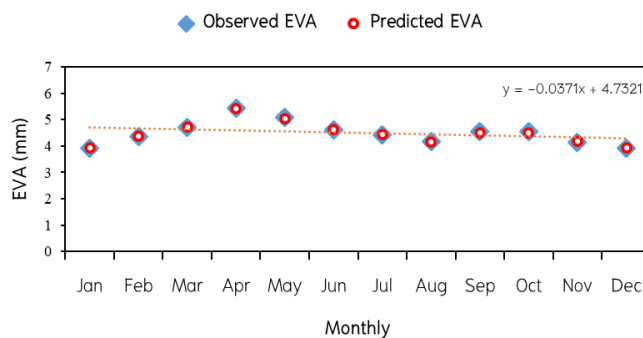
หนองบัวลำภู



ภาพประกอบ 14 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองบัวลำภู

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดหนองบัวลำภู พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 5.67 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 3.97 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 mm

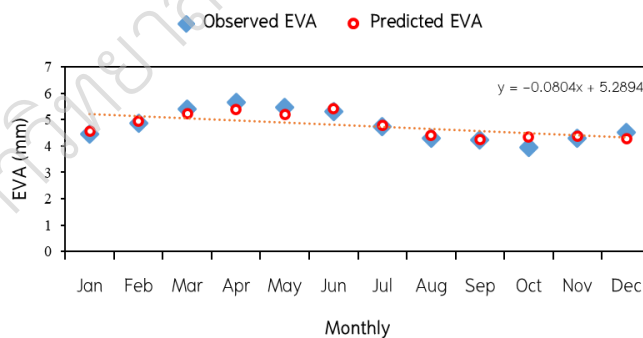
หนองคาย



ภาพประกอบ 15 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองคาย

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดหนองคาย พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 5.42 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม และ ธันวาคม เท่ากับ 3.94 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 mm

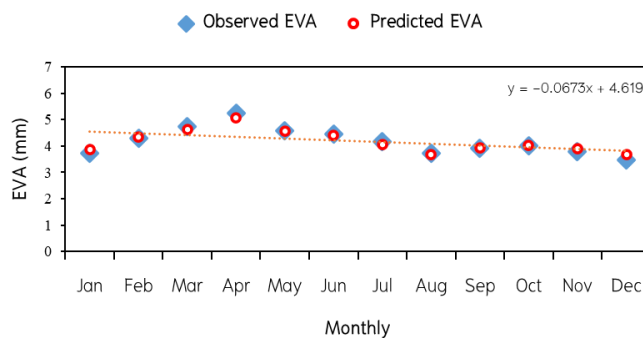
ร้อยเอ็ด



ภาพประกอบ 16 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดร้อยเอ็ด

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน ปริมาณเท่ากับ 5.42 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 4.25 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 mm

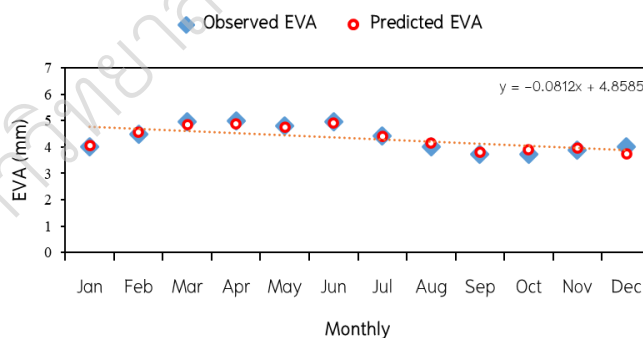
สกลนคร



ภาพประกอบ 17 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสกลนคร

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดสกลนคร พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 5.07 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม และ ธันวาคม เท่ากับ 3.67 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 mm

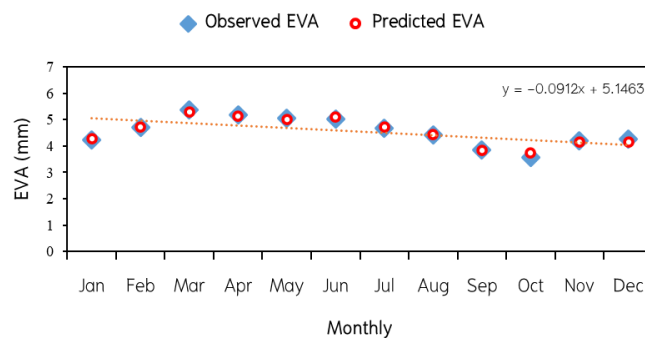
ศรีสะเกษ



ภาพประกอบ 18 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดศรีสะเกษ

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดศรีสะเกษ พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน ปริมาณเท่ากับ 4.91 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 3.73 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 mm

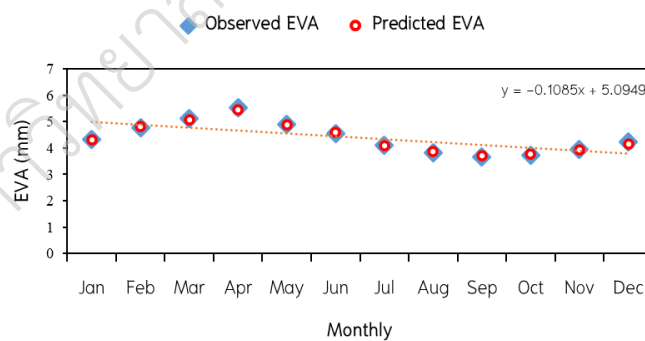
สุรินทร์



ภาพประกอบ 19 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสุรินทร์

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดสุรินทร์ พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ปริมาณเท่ากับ 5.29 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 3.76 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 mm

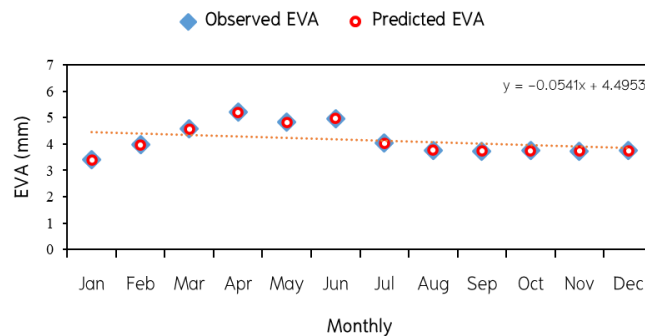
อุบลราชธานี



ภาพประกอบ 20 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุบลราชธานี

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดอุบลราชธานี พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 5.44 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 3.70 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 mm

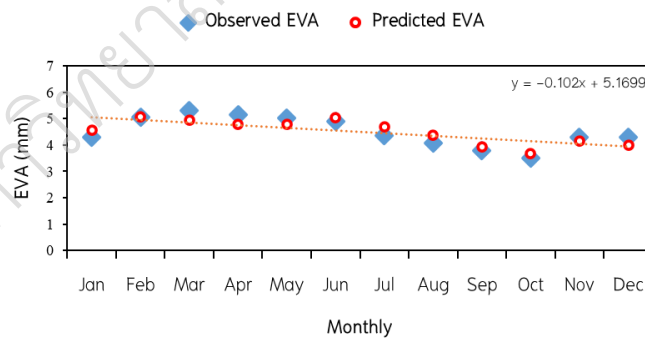
อุดรธานี



ภาพประกอบ 21 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุดรธานี

การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดอุดรธานี พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ปริมาณเท่ากับ 5.20 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 3.40 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 mm

ยโสธร



ภาพประกอบ 22 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดยโสธร

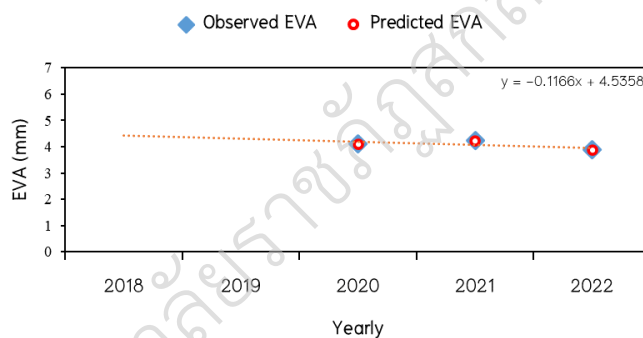
การเปลี่ยนแปลงรายเดือนของ EVA จังหวัดยโสธร พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ปริมาณเท่ากับ 5.06 mm มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 3.69 mm ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 mm

การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้กับค่าที่ได้จาก

แบบจำลองรายปีของแต่ละจังหวัด

การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสานผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลรายปีของการระเหยของน้ำ โดยใช้ข้อมูลการระเหยของน้ำภาคพื้นดินจากสถานีในจังหวัดภาคอีสาน และจากการแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ ในพื้นที่ภาคอีสาน ประกอบไปด้วย 20 จังหวัดดังต่อไปนี้

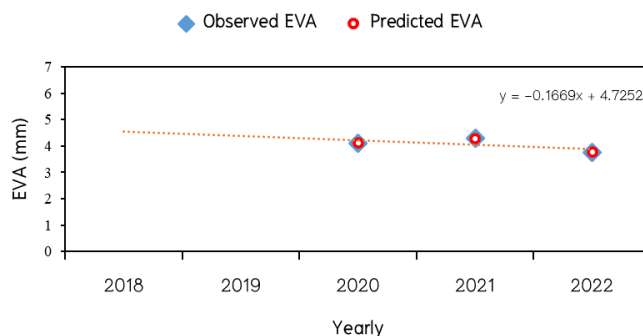
อำนาจเจริญ



ภาพประกอบ 23 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอำนาจเจริญ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2022 พบว่า ปี พ.ศ. 2564 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.22 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 3.88 mm

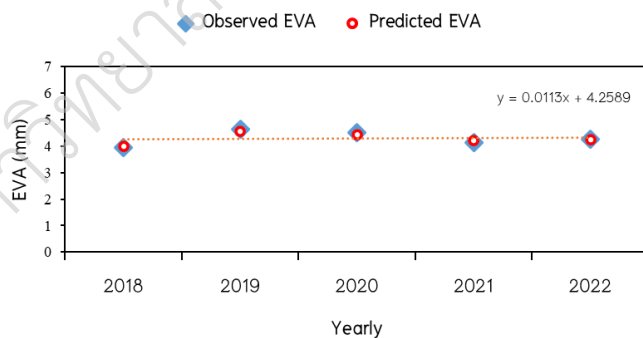
บึงกาฬ



ภาพประกอบ 24 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบึงกาฬ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดบึงกาฬ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2564 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.28 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 3.78 mm

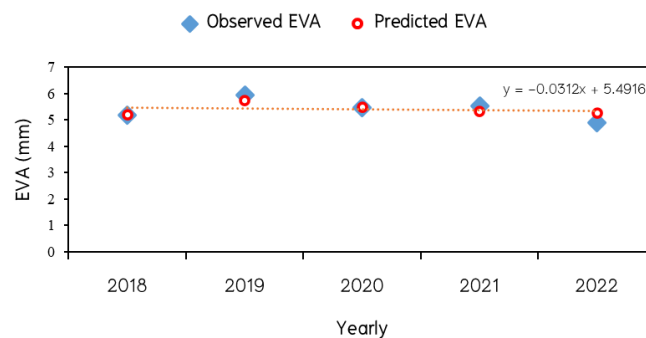
บุรีรัมย์



ภาพประกอบ 25 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดบุรีรัมย์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.57 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.01 mm

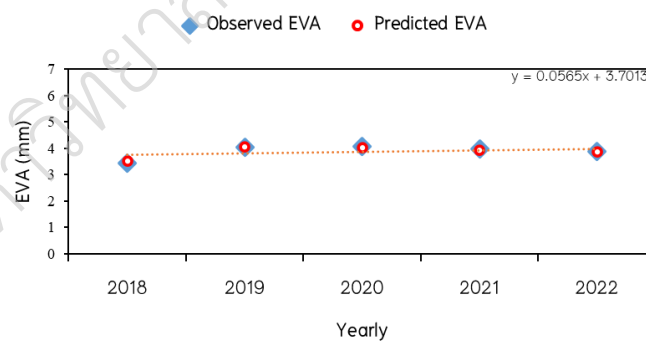
ชัยภูมิ



ภาพประกอบ 26 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดชัยภูมิ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดชัยภูมิ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.72 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 5.21 mm

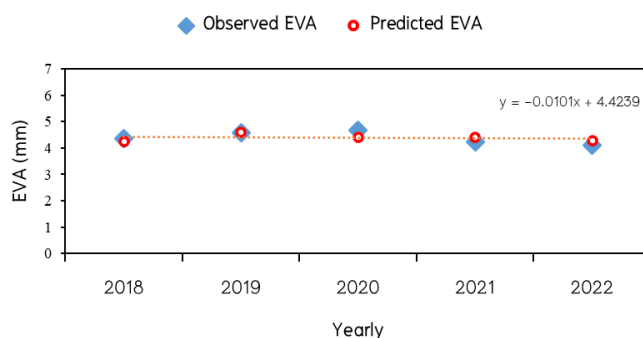
กาฬสินธุ์



ภาพประกอบ 27 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดกาฬสินธุ์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.05 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 3.51 mm

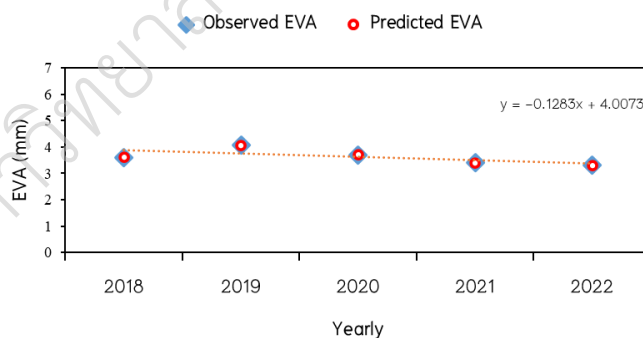
ขอนแก่น



ภาพประกอบ 28 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดขอนแก่น

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.59 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.26 mm

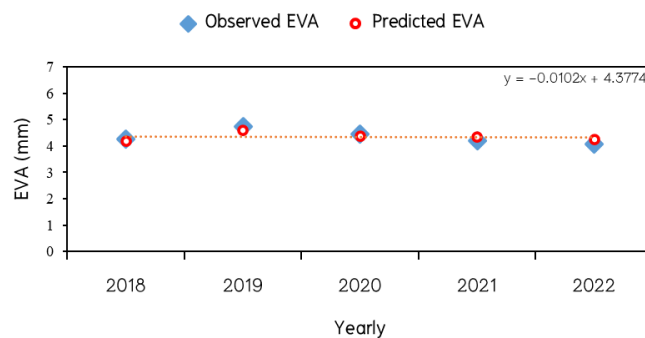
เลย



ภาพประกอบ 29 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดเลย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดเลย ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.07 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 3.31 mm

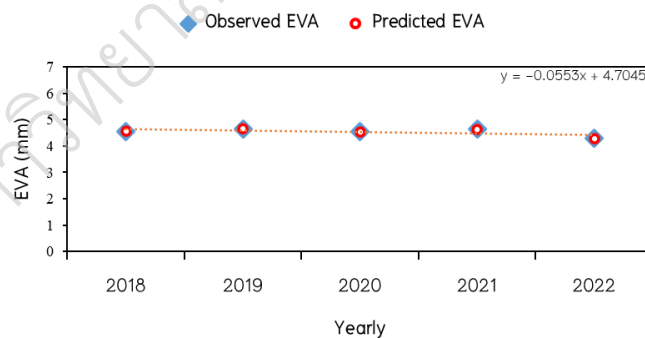
มหาสารคาม



ภาพประกอบ 30 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมหาสารคาม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.59 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.18 mm

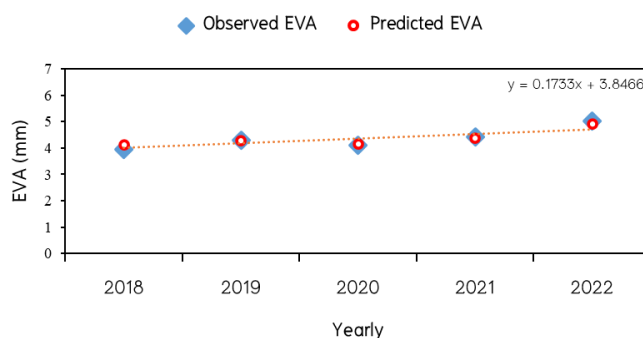
มุกดาหาร



ภาพประกอบ 31 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดมุกดาหาร

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดมุกดาหาร ระหว่างปี 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.66 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 4.29 mm

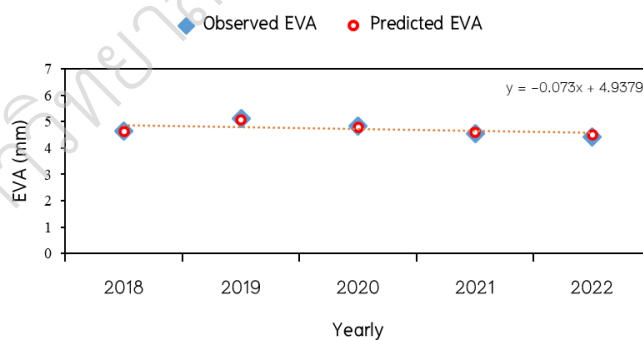
นครพนม



ภาพประกอบ 32 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครพนม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดนครพนม ระหว่างปี 2561-2565 พบว่า ปี 2565 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.92 mm มีค่าต่ำสุดในปี 2561 มีค่าเท่ากับ 4.11 mm

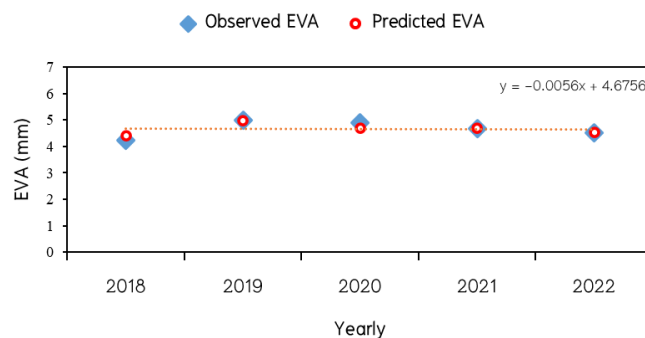
นครราชสีมา



ภาพประกอบ 33 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดนครราชสีมา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2018-2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.08 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 4.50 mm

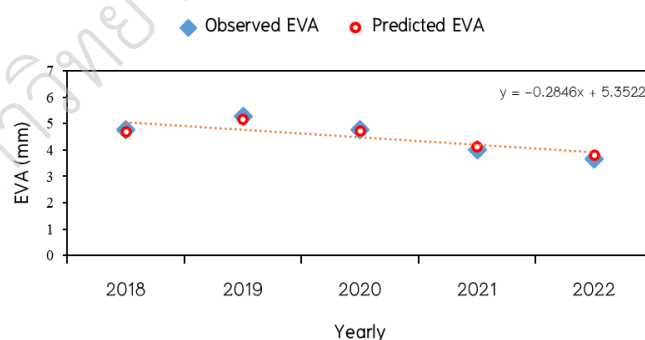
หนองบัวลำภู



ภาพประกอบ 34 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองบัวลำภู

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดหนองบัวลำภู ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.97 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.42 mm

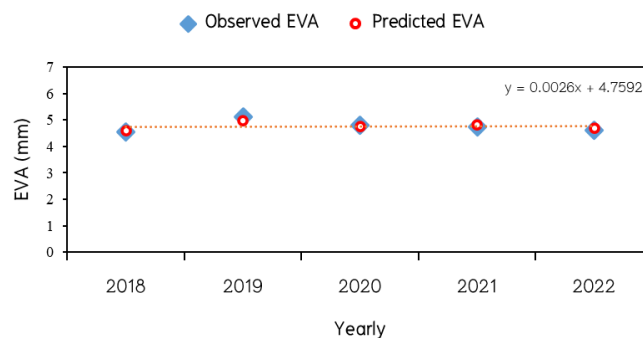
หนองคาย



ภาพประกอบ 35 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดหนองคาย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดหนองคาย ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.18 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 3.80 mm

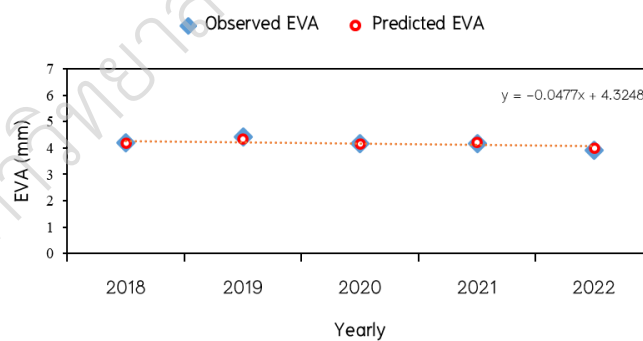
ร้อยเอ็ด



ภาพประกอบ 36 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดร้อยเอ็ด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.98 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.59 mm

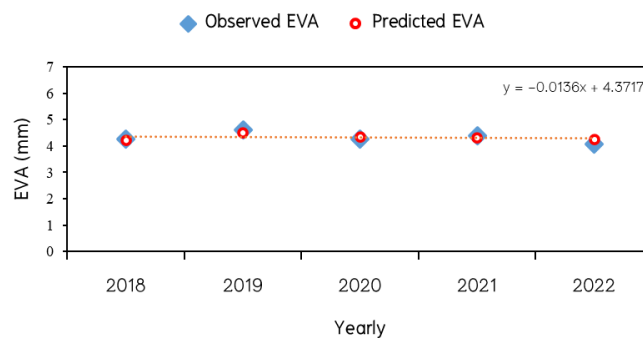
สกลนคร



ภาพประกอบ 37 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสกลนคร

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดสกลนคร ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.36 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 4.01 mm

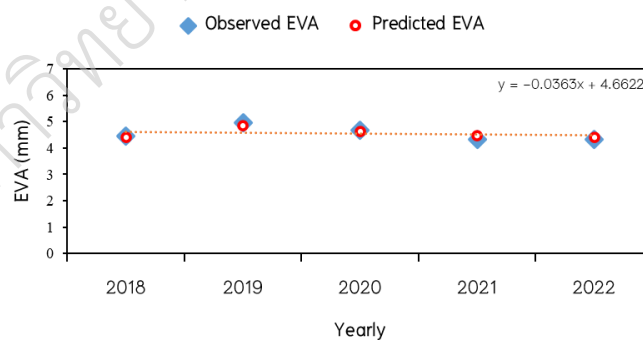
ศรีสะเกษ



ภาพประกอบ 38 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดศรีสะเกษ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.51 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.23 mm

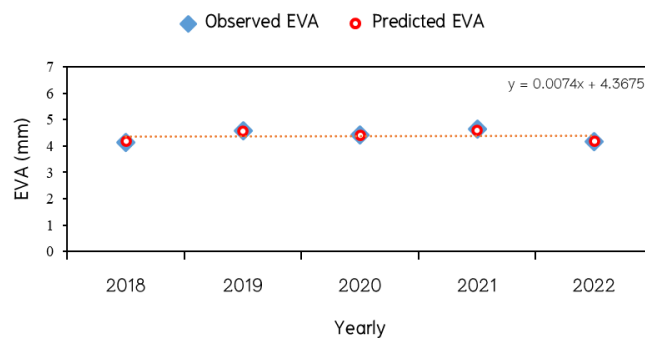
สุรินทร์



ภาพประกอบ 39 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดสุรินทร์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.85 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2562 มีค่าเท่ากับ 4.40 mm

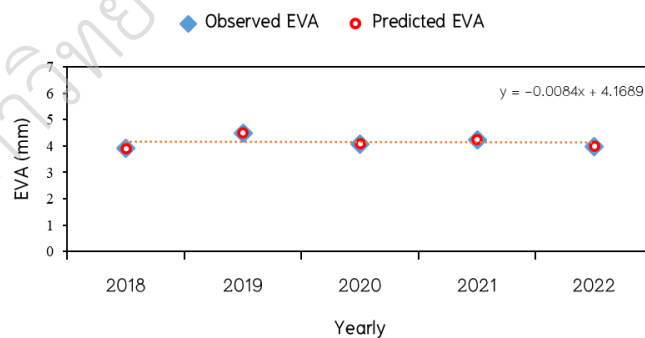
อุบลราชธานี



ภาพประกอบ 40 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุบลราชธานี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2565 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.61 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 4.18 mm

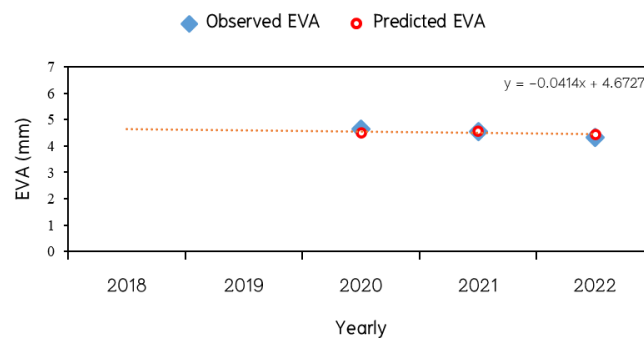
อุดรธานี



ภาพประกอบ 41 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดอุดรธานี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดอุดรธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2561 –2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.50 mm มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 3.90 mm

ยโสธร



ภาพประกอบ 42 แสดงการพยากรณ์การระเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลภาคพื้นดินจากสถานีวัดยโสธร

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงรายปีของการระเหยของน้ำ พื้นที่จังหวัดยโสธร ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่า ปี พ.ศ. 2565 ค่าเฉลี่ยของการระเหยของน้ำ สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.57 mm มีค่าต่ำสุดใน ปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 4.43 mm

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน สรุปผลตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. สรุปผล
4. อภิปรายผล
5. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาการระเหยของน้ำ สำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน
2. เพื่อสร้างแบบจำลองในการพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสานภาคอีสาน
3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการระเหยของน้ำสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจาก National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ซึ่งให้บริการข้อมูล อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นและอัตราเร็วลม เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง

2. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจาก NASA ซึ่งมีโครงการ Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) ที่ให้บริการข้อมูลรังสีอาทิตย์จากดาวเทียม เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง

3. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจาก กรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับข้อมูลการระเหยของน้ำ ระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2565 ในพื้นที่ 20 จังหวัดภาคอีสาน เพื่อใช้ประเมินความแม่นยำของโมเดล

4. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลรังสีอาทิตย์ภาคพื้นดินจาก สถานีวัดมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อใช้ประเมินความแม่นยำของข้อมูลดาวเทียม

5. ตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

1. ข้อมูลตอนที่ 1 นำค่ารังสีอาทิตย์มาเปรียบเทียบ ระหว่างวัดภาคพื้นดิน สถานีสกลนคร กับ CERES โดยใช้ค่าทางสถิติ Pearson Correlation Coefficient (R^2), Root Mean Square Error (RMSE) และ Mean Absolute Error (MAE) แล้วนำเสนอเป็นรูปภาพรูปตารางประกอบความเรียง

2. ข้อมูลตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม มาศึกษาโดยแบ่งเป็นค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน และค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง แล้วนำเสนอในรูปแบบตารางแสดงผล

3. ข้อมูลตอนที่ 3 ผู้วิจัยนำข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม มาเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับค่าการระเหยของน้ำ โดยใช้ค่าทางสถิติ R^2 แล้วนำเสนอในรูปแบบตารางแสดงผล

4. ข้อมูลตอนที่ 4 ผู้วิจัยนำค่าอัตราการเหยของน้ำที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าการระเหยของน้ำภาคพื้นดิน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของโมเดล โดยใช้ค่าทางสถิติ ได้แก่ R^2 , RMSE, MAE และ ค่าเฉลี่ย แล้วนำเสนอในรูปแบบตารางแสดงผล

5. ข้อมูลตอนที่ 3 ผู้วิจัยนำข้อมูลการระเหยของน้ำจากแบบจำลอง นำมาวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง รายเดือน และรายปี โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แล้วนำเสนอเป็นรูปภาพสรุปผล

สรุปผล

ผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน สรุปผลดังนี้

การเปรียบเทียบข้อมูลรังสีอาทิตย์ ระหว่างค่าภาคพื้นดินสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครและค่าที่ได้จากดาวเทียม ในปี พ.ศ. 2563 พบว่า มีค่า $R^2 = 0.65$, $RMSE = 237.65$ และ $MAE = 242.97$ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาของแต่ละตัวแปรตลอดทั้งปี พบว่า รังสีอาทิตย์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดบุรีรัมย์ที่ 644.80 W/m^2 อุณหภูมิมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดหนองบัวลำภูและเลยที่ 27.48°C ความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดสกลนครที่ 84.21 อัตราเร็วลมมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดนครพนมที่ 2.96 m/s ในช่วงฤดูฝน พบว่า รังสีอาทิตย์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ 638.94 W/m^2 อุณหภูมิมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดหนองคายที่ 27.44° ความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมาที่ 92.41% อัตราเร็วลมมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดนครพนมที่ 2.86 m/s ในช่วงฤดูแล้ง พบว่า รังสีอาทิตย์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดศรีสะเกษที่ 655.34 W/m^2 อุณหภูมิมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมาที่ 27.59°C ความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดที่จังหวัดสกลนครที่ 82.12% อัตราเร็วลมมีค่ามากที่สุดที่จังหวัดนครพนมที่ 3.06 m/s

การเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของค่าการระเหยของน้ำ กับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ โดยแสดงให้เห็นจากตัวแปรทางสถิติคือ R^2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า SR TEM RH WS มีความสัมพันธ์เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามลำดับได้ ดังนี้ SR มีความสัมพันธ์มากที่สุด โดยมีค่าสูงสุด $R^2 = 0.40$ ที่จังหวัดสุรินทร์ รองลงมาคือ TEM โดยมีค่าสูงสุด $R^2 = 0.19$ ต่อมาคือ RH โดยมีค่าสูงสุด $R^2 = 0.09$ ที่จังหวัดบุรีรัมย์ และสุดท้ายคือ WS ซึ่ง มีความสัมพันธ์น้อยมาก R^2 น้อยกว่าทศนิยมสามตำแหน่ง ทำให้ตัวแปรนี้แทบไม่ส่งผลค่าการระเหยของน้ำ

การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำรายเดือน ของจังหวัดในภาคอีสาน ระหว่างปี พ.ศ. 2561 -2565 พบว่า ค่าการระเหยสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคม ถึงมิถุนายน โดยจังหวัดที่มีค่าการระเหยสูงที่สุดคือ จังหวัดชัยภูมิ มีค่าเท่ากับ 6.54 mm รองลงมาคือ จังหวัดหนองบัวลำภู มีค่าเท่ากับ 5.67 mm สำหรับค่าต่ำสุดเกิดขึ้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ มีค่าเท่ากับ 3.07 mm ในเดือนกันยายนและตุลาคม

การเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยของน้ำรายปี ของจังหวัดในภาคอีสาน ระหว่างปี พ.ศ. 2561 –2565 พบว่า มีค่าสูงที่สุดในปี พ.ศ. 2562 ที่จังหวัดชัยภูมิ โดยมีค่าสูงสุด เท่ากับ 5.72 mm และมีค่าต่ำที่สุดในปี พ.ศ. 2565 ที่จังหวัดเลย โดยมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.31 mm

อภิปรายผล

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. การพัฒนาแบบจำลองการระเหยของน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในท้องถิ่นสำหรับแหล่งน้ำในพื้นที่ภาคอีสาน ได้ศึกษาการเปรียบเทียบข้อมูลรังสีอาทิตย์ ระหว่างสถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กับ CERES พบว่า มีค่า $R^2 = 0.72$ และการเปรียบเทียบค่าการระเหยของน้ำภาคพื้นดินจากสถานี 20 จังหวัดในภาคอีสาน ให้ค่าความสัมพันธ์ที่สูง ซึ่งสูงมากที่สุดถึง $R^2 = 1.00$ ในส่วนนี้เป็นค่าที่เกิดจากจังหวัดที่มีค่าข้อมูลที่น้อยกว่าจังหวัดอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ในจังหวัดอื่น ๆ ก็ยังให้ค่าความสัมพันธ์ที่สูง ความแม่นยำของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นเพราะการสร้างแบบจำลองได้มีการเปรียบเทียบค่าตัวแปรที่มีส่งผลต่อการระเหยของน้ำ จากการเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์ มีผลต่อค่าการระเหยของน้ำมากที่สุด $R^2 = 0.40$ เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด และตัวแปรอื่นทางอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ ก็ส่งผลต่อการระเหยของน้ำเช่นกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำตัวแปรดังกล่าวมาเป็นข้อมูลข้อที่ 1 และคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดเพื่อพัฒนาแบบจำลองในพื้นที่

2. ผู้วิจัยพบว่าข้อมูลค่าความเร็วลม มีความสัมพันธ์ที่ต่ำมาก กับค่าอัตราการระเหยของน้ำ แต่อย่างไรก็ตาม ในแบบจำลองในบางพื้นที่ ค่าความเร็วลมก็ยังส่งผลอย่างมีนัยสำคัญกับแบบจำลองการระเหยของ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำค่าความเร็วลมมาเป็นตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งในการสร้างแบบจำลองการระเหยของน้ำ ซึ่งส่งผลให้ได้ค่า R^2 เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยขอเสนอแนะปฏิบัติ

ปัจจุบันค่ารังสีอาทิตย์จาก CERES มีเพียงค่าเฉลี่ยรายวัน ซึ่งเป็นการนำค่ารังสีอาทิตย์ทั้ง 24 ชั่วโมงมาเฉลี่ย ดังนั้น ในการจะนำค่ารังสีอาทิตย์มาใช้ ผู้วิจัยควรกำจัดตัวแปรอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บรรณานุกรม

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2555). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมปี 2554 ภาคที่ 9 ลุ่มน้ำโขง เลย อุดรธานี หนองคาย บึงกาฬ สกลนคร นครพนม. อุดรธานี: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 9.
- กรมชลประทาน. (2563). คู่มือการปฏิบัติงานการใช้น้ำแบบจำลอง ANNs. เข้าถึงได้จาก <http://water.rid.go.th/hydrology/downloads/คู่มือการปฏิบัติงานการใช้น้ำแบบจำลอง%20ANNs.pdf>. 12 ตุลาคม 2564.
- พิศ คงบริรักษ์และกฤติกา สืบศักดิ์. (2554). การระเหยของน้ำในประเทศไทยคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2544–2553). ในเอกสารผลงานวิชาการอุดมศึกษา 2554, (หน้า 30–38). กรุงเทพฯ: กรมอุดมศึกษา.
- ภทรรณ แสงนวกิจ. (2553). การประมาณค่าเฉลี่ยด้วยตัวประมาณค่าแบบอัตราส่วนเมื่อข้อมูลมีค่าผิดปกติ. ในการประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์ ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553. เชียงใหม่: ภาควิชาสถิติคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รังสรรค์ อาภาศัพท์กุล. (2547). อุดมศึกษาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิชัย ศรีบุญลือ. (2552). อุทกวิทยา. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สถานีอุตุนิยมวิทยา. (2556). ความรู้ด้านอุตุนิยมวิทยา. เข้าถึงได้จาก <http://www.metsakon.tmd.go.th/bunyay.htm>. 12 ตุลาคม 2564.
- ส่วนจัดสรรน้ำ สำนักบริหารจัดการน้ำ. (2553). การวัดการระเหยน้ำ. เข้าถึงได้จาก <http://202.129.59.73/wm/Water/water4.1/mean.pdf>. 12 ตุลาคม 2564.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (Producer). (2566). กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. ทราบหรือไม่ว่า... ปริมาณน้ำบนโลก จะมีน้ำทะเลหรือน้ำเค็มอยู่มากถึง ร้อยละ 97 ที่เหลือเป็นน้ำจืดเพียงร้อยละ 3. เข้าถึงได้จาก <http://www.dgr.go.th/th/newsAll/124/4589>. 12 ตุลาคม 2564.
- ชนัญญาญจน์ แสงประสาน, เสรี ชัดแ่ม และพัชรี วงษ์เกษม. (2559). การประมาณค่าการระเหยน้ำ โดยใช้ตัวประมาณค่าแบบอัตราส่วนที่ปรับใหม่. วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 13(2), 30–44.

- ดุขฎฐิ คุขว้ฒนั และ สุกัณยาคณิ ยะวฤษชาญ. (2552). *การทดสอบและปรับปรุงแบบจำลอง Weather Research and Forecasting (WRF) ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- ทรัพยากรน้ำ (Producer). (2566). ทรัพยากรน้ำ. ทรัพยากรน้ำ. เข้าถึงได้จาก <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi2/subwater/subwater.htm>. 12 ตุลาคม 2564.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย, ส. (2566). *การบริหารจัดการน้ำในบริบทภาคอีสาน*. สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. เข้าถึงได้จาก <https://www.pier.or.th/forums/2020/15/>. 12 ตุลาคม 2564.
- นุชนาถ คงช่วย และตรีลักษณ์ ธรรมดี. (2563). *ความแม่นยำของการพยากรณ์ค่าความกดอากาศที่ระดับทะเลปานกลาง เดือนพฤษภาคม พ. ศ. 2562 ในประเทศไทย ด้วยแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF)*. *วารสารวิชาการเพื่อนวัตกรรมเชิงพื้นที่*, 1(1), 57–73.
- ปราโมทย์ ไม้กลัด. (2541). 96 ปี ชลประทาน. *การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ*. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่.
- ปิยะพงษ์ ปันทนา และธงชัย ฟองสมุทร. (2554). *การศึกษาความสามารถการรับภาระสูงสุดของท่อกระดาษ ผนั้งบางภายใต้ภาระกดในแนวแกน*. *CMUL: Journal Articles* (2553). 17 (2), 1–9.
- ภาคภูมิ รัตน์จิราญกุล. (2549). *การจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลขของพายุไซนร้อนบริเวณประเทศไทยตอนบนโดยใช้แบบจำลอง WRF*. เข้าถึงได้จาก <http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/2094>. 12 ตุลาคม 2564.
- อารียา ฤทธิมา, กิตติพัฒน์ สาสีกิจ, กฤตยา สมานวงศ์รักษ์, พรรณทิพา ศรีธรรมมา และอิทธิพล ชีรนรวิชย์. (2556). *การศึกษาการสูญเสียน้ำจากการระเหยของอ่างเก็บน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย*. *Engineering Journal of Research and Development*, 24(1), 27–36.
- Dabral, P., Jhajharia, D., Mishra, P., & Hangshing, L. (2014). *Time Series Modelling of Pan Evaporation: A Case Study in the northeast India*. *Global Nest Journal*, 16, 1–13.

- Dodangeh, E., Panahi, M., Rezaie, F., Lee, S., Bui, T., Lee, C.-W., & Pradhan, B. (2020). *Novel hybrid intelligence models for flood-susceptibility prediction: Meta optimization of the GMDH and SVR models with the genetic algorithm and harmony search. Journal of Hydrology.* doi:10.1016/j.jhydrol.2020.125423
- Done, J. M., Huang, X.-Y., & Kuo, B. (2003). *INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN WATER VAPOR CONVERGENCE AND SEVERE CONVECTION USING THE WRF MODEL AT 1KM RESOLUTION. 11th Conference on Mesoscale Processes and the 32nd Conference on Radar Meteorology.* 2179–2188.
- Done, J. M., Leung, L. R., Davis, C. A., & Kuo, B. (2005). *UNDERSTANDING THE VALUE OF HIGH RESOLUTION REGIONAL CLIMATE MODELING 5.1.*
- El-Mahdy, M. E.-S., El-Abd, W. A., & Morsi, F. I. (2021). *Forecasting lake evaporation under a changing climate with an integrated artificial neural network model: A case study Lake Nasser, Egypt. Journal of African Earth Sciences,* 179, 104191. doi:10.1016/j.jafrearsci.2021.104191
- Fu, G., Liu, C., Chen, S., & Hong, J. (2004). *Investigating the conversion coefficients for free water surface evaporation of different evaporation pans. Hydrological Processes,* 18(12), 2247–2262.
- Garrido, M. C., Cadenas, J. M., Bueno-Crespo, A., Martínez-España, R., Giménez, J. G., & Cecilia, J. M. (2022). *Evaporation Forecasting through Interpretable Data Analysis Techniques. Electronics,* 11(4), 536.
- Goel, A. (2009). *ANN based modeling for prediction of evaporation in reservoirs (Research Note). International Journal of Engineering,* 22(4), 351–358.
- Hamdi, M. R., Abu-Allaban, M., Al-Shayeb, A., Jaber, M., & Momani, N. M. (2009). *Climate Change in Jordan: A Comprehensive Examination Approach. American Journal of Environmental Sciences,* 5(1). doi:10.3844/ajessp.2009.58.68
- Irmak, S., & Haman, D. Z. (2003). *Evaluation of Five Methods for Estimating Class A Pan Evaporation in a Humid Climate. HortTechnology horttech,* 13(3), 500–508. doi:10.21273/horttech.13.3.0500

- Kim, S., Shiri, J., Kisi, O., & Singh, V. (2013). *Estimating Daily Pan Evaporation Using Different Data-Driven Methods and Lag-Time Patterns*. *Water Resources Management*, 27. doi:10.1007/s11269-013-0287-2
- Kisi, O. (2006). *Daily Pan Evaporation Modelling Using a Neuro-fuzzy Computing Technique*. *Journal of Hydrology*, 329, 636–646.
doi:10.1016/j.jhydrol.2006.03.015
- Malik, A., Saggi, M. K., Rehman, S., Sajjad, H., Inyurt, S., Bhatia, A. S., Yaseen, Z. M. (2022). *Deep learning versus gradient boosting machine for pan evaporation prediction*. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 16(1), 570–587. doi:10.1080/19942060.2022.2027273
- Masoner, J., & Stannard, D. (2010). *A Comparison of Methods for Estimating Open-Water Evaporation in Small Wetlands*. *Wetlands*, 30, 513–524.
doi:10.1007/s13157-010-0041-y
- O'Reilly, C. M., Sharma, S., Gray, D. K., Hampton, S. E., Read, J. S., Rowley, R. J., . . . Kraemer, B. M. (2015). *Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe*. *Geophysical Research Letters*, 42(24), 10,773–710,781.
- Shirsath, P., & Singh, A. K. (2010). *A Comparative Study of Daily Pan Evaporation Estimation Using ANN, Regression and Climate Based Models*. *Water Resources Management*, 24, 1571–1581. doi:10.1007/s11269-009-9514-2
- Sivapragasam, C., Vasudevan, G., Maran, J., Bose, C., Kaza, S., & Ganesh, N. (2009). *Modeling Evaporation-Seepage Losses for Reservoir Water Balance in Semi-arid Regions*. *Water Resources Management*, 23(5), 853–867.
doi:10.1007/s11269-008-9303-3
- Vining, K. C. (2003). *Estimation of Monthly Evaporation from Lake Ashtabula in North Dakota, Orwell Lake in Minnesota, and Lake Traverse in Minnesota and South Dakota, 1931–2001* (Vol. 3): US Department of the Interior, US Geological Survey.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ESTIMATING EVAPORATION FROM SATELLITE REMOTE SENSING AND METEOROLOGICAL PARAMETERS

Waichaya Nissawan, Oradee Pilahome, Yuttapichai Jankondee, and Wilawan Kumharn*

Received: February 01, 2024; Revised: April 22, 2024; Accepted: June 14, 2024

Abstract

Northeastern Thailand is central to agriculture, growing rice and crops. Recently, this region has faced extreme climate conditions, more water in the rainy season, and drought in the dry months, which is a big concern for the Thai government to resolve. Lakes are essential in supporting the local nation in this area to solve the problem. Nong Han Lake is the second biggest nature lake in Thailand. Therefore, information on the hydrologic system is essential for efficient water management. This work focused on estimating the evaporation loss of the water system for Nong Han Lake. The relationship of evaporation with solar radiation (SR) and meteorological parameters was investigated using the linear mixed effect (LME). Evaporation (EVA) data were retrieved from the Thai Meteorological Department (TMD), and meteorological parameters were obtained from the National Centres for Environmental Prediction (NCEP)/the National Centre for Atmospheric Research (NCAR) global reanalysis. SR was downloaded from the Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES). EVA changes throughout the year, reaching a peak in April compared with December. The model confirms that predicted EVA obtained from meteorological parameters has a high performance for increasing existing ground-based EVA monitoring networks.

Keywords: Evaporation; Meteorological; Parameters; Satellite Remote Sensing

Introduction

EVA is an efficient water loss from the water system, which has been substantial in recent climate change systems. It directly influences lake supplements, daily water use, agriculture plans, the economy, and people's livelihoods. The evaporation process is more significant when considering climate change results: increasing temperatures (T) warn to reduce available surface water via rising

evaporation. During drought, the lake plays a vital role in the agricultural enhancement of Sakon Nakhon province by providing a water supply. Nonetheless, the effect of climate on the hydrological system must be better understood, computed, and measured in water management plans.

*The centre for atmospheric and space sciences, Faculty of Sciences and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, Thailand. E-mail: waichaya.ni59@snru.ac.th; oradee.pi60@snru.ac.th; yuthpichai.ja64@snru.ac.th ; Wilawan_kumharn@snru.ac.th**

** Corresponding author*

DOI: <https://doi.org/10.55766/sujst-2024-04-e03052>

Suranaree J. Sci. Technol. 31(4):030214(1-5)

Previous evaporation studies have dealt with an immediate increase in surface water temperature, indicating increased evaporation rates (Woolway *et al.*, 2020). Liu *et al.* (2022) demonstrate that weather conditions result in increasing/decreasing evaporation. EVA is the main element of the water plan for lakes under complex climate programs, implying an indicator of climate change. Therefore, achieving more precise estimates of the evaporation model is necessary to improve effective water resource management strategies and policies.

The pan evaporation method has been broadly employed in running lake water management, installed on land to estimate evaporation. Surveys such as those conducted by (Finch and Calver, 2008); and Majhi *et al.* (2020) are among the widely utilized and consistent approaches for estimating evaporation. However, an evaporation model can be applied in the other part of the lake, where there is a lack of pan evaporation installed. On the other hand, despite their importance for water resource planning and management, we did not find most studies on evaporation models. In this environment, increasing knowledge about the region is fundamental, which indicates evaluating the performance of techniques for estimating extensive lake evaporation. The objectives of this study were to assess the performance of evaporation methods for estimating massive lake evaporation in Nong Han.

Methodology and Validations

Study area

The Nong Han (Lat 17.15 °N, Lon 104.13 °E) is a lake in Sakon Nakhon province, which is in northeast Thailand. The lake area is 125.2 km², the largest natural lake in northeast Thailand (Figure 1). The Phu Phan Mountains originate from the main river, which flows to the southeast into the Mekong River.



Figure 1. Nong Han Lake

Data

The daily average T data, mean, and relative humidity (RH) were achieved every 4 hours from NCEP/NCAR from 2018 to 2022, and all the data

were then interpolated into an hour. SR data were acquired from CERES Satellite data which lasted an average of 8 hours. The EVA data simultaneously was taken from the TMD (Table 1). T and RH obtained from NCEP/NCAR data resolution are 2.5×2.5 and SR data obtained from CERES with a resolution of 2.5×2.5. We averaged SR during the day from sunrise to sunset (8.00 am to 4.00 pm). Figure 2 compares SR from CERES and the ground level at Sakon Nakhon Rajabhat University with $R^2=0.72$, RMSE = 242.97 W/m², and MAE = 237.65 W/m².

Table 1. NCEP data reanalysis datasets were applied to predict EVA.

Parameter Unit	Temporal	Resolution Sources
EVA (mm)	Daily	TMD
SR (W/m ²)	Daily	CERES
T (°C)	Every 4 h.	NCEP/NCAR
RH (%)	Every 4 h.	NCEP/NCAR

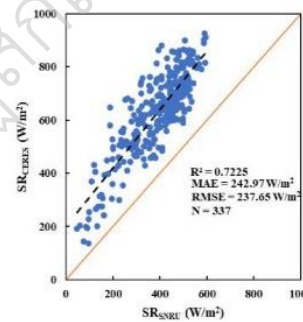


Figure 2. Comparison of SR from CERES and ground based at Sakon Nakhon Rajabhat University

Equations for evaporation

Evaporation models with climatic variables were developed using the LME. Climate variables impact local daily evaporation. This work separated data into two datasets: the first set is used for the run model (80%), and the second for the test model (20%). The LME is utilized to estimate evaporation (Althoff *et al.*, 2019). All those factors were counted for precision at discrete times. Evaporation equations for estimation based on meteorology conditions. Then, the LME was used to 3 factors in Equation (1).

$$EVA = (\beta_0 + \mu_0) + (\beta_1 + \mu_1) SR + (\beta_2 + \mu_2) T + (\beta_3 + \mu_3) RH + \varepsilon_r \quad (1)$$

Where EVA are in a site, β_0 is the fixed intercept, and μ_0 is the random intercept, respectively. T (°C), and RH (%) are the factors at the site; β_1 - β_3 are the fixed and μ_1 - μ_3 are random slopes, and ε_r is the

Table 3. The fixed effect of three models was utilized to calculate EVA collected in 2018-2022

Model	β_0	$\beta_1(\text{SR})$	$\beta_2(\text{T})$	$\beta_3(\text{RH})$	RMSE	MBE	R^2
Model 1	-0.20	0.02***			0.39	0.29	0.54
Model 2	-4.06***	0.02***	0.16***		0.08	0.07	0.93
Model 3	-4.08***	0.02***	0.16***	0.00	0.04	0.04	0.96

***Parameter is significant at the $\alpha = 0.001$ level**Parameter is significant at the $\alpha = 0.01$ level*Parameter is significant at the $\alpha = 0.05$ level

residual error. SR is only one parameter giving maximum correlation to evaporation which remained for the last simulations. Four equations were developed to predict evaporation based on climatic parameters.

The coefficient of determination (R^2), mean bias error (MBE), and root mean square error (RMSE) were applied to evaluate the performance of the model. The mean error implies underestimating or overestimating the value obtained from the model. The root of the mean square error improves more substantial weight to the mistakes of a more extensive scale.

Results and Discussion

Descriptive statistics

The EVA in Sakon Nakhon was obtained from January 2018 to December 2022, and the mean of EVA, SR, T, and RH are shown in Table 2. Seasonal factors are classified as follows: the dry season includes November-April; the rainy season includes May to October. The dry season had a higher EVA (4.22 mm) than the rainy season (4.14 mm). Mean climate factors include SR, T, and RH, which are 210.83 W/m², 26.52°C, and 85.13%, respectively.

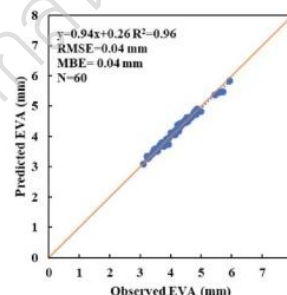
Table 2. Mean EVA (mm) and climate conditions

Season	EVA (mm)	SR (W/m ²)	T (°C)	RH (%)
Dry	4.22	646.31	25.71	73.05
Rainy	4.14	618.18	27.33	91.22
Annual	4.18	632.25	26.52	82.13

Evaporation model

The LME was used for monthly SR, T, and RH data. LME was applied to all parameters. LME applied to the first Model as a standard to evaluate the enhancement. The significant level of each Model was tested at $\alpha = 0.001$, 0.01, and 0.05. Table 3 demonstrates 3 LME models. The best Model is shown in the 3rd row with $R^2 = 0.96$ and RMSE = 0.04 mm. The results achieved from using the 3rd Model are presented in Figure 3. As shown in Figure 3, R^2 significantly rises by 78%, and RMSE declines by 0.86% compared with the

standard Model. Therefore, all factors are essential for estimating daily EVA. The fixed intercept (β_0) and the slopes ($\beta_1 \sim \beta_3$) of the LME model are established in Table 3. Table 3 demonstrates SR and T are significant at the $\alpha = 0.001$ level. High R^2 was found in the 3 Model; nonetheless, RH are insignificant at the $\alpha = 0.05$ level. β values indicate the change in the parameters that would increase the EVA.

**Figure 3. Scatterplots of EVA obtained from observation and prediction**

Seasonal Variation

The most significant LME subset was shown the differences between the two seasons. Tables 4-5 reveal the findings of all subset LME for dry and rainy seasons, respectively, and the best potential model is the 3rd model. SR, T, and RH are contained in the model. This best model describes significant improvements in the LME, notably for the rainy season. The R^2 increases from 0.92 to 0.99, and the RMSE drops by 83.33% (0.06 to 0.01 mm). In seasonal, best models also contain all parameters. Conversely, some components decrease under the significance level test. A possible explanation might be a slight variation throughout this season.

All β -values presented differing results, such as SR, T and RH providing a positive for both seasons except β_0 . This result is consistent with that of Findell *et al.* (2019), who found rising temperature increases EVA. Additionally, all parameters were significant in the dry season. A positive relationship was found between EVA, SR, and T in all seasons.

Table 4. The fixed effect of 3 models was employed to calculate EVA in the dry season from 2018-2022

Model	β_0	$\beta_{1(SR)}$	$\beta_{2(T)}$	$\beta_{3(RH)}$	RMSE	MBE	R ²
Model 1	-4.31*	0.04***			0.12	0.10	0.87
Model 2	-4.65***	0.02**	0.18***		0.04	0.03	0.97
Model 3	-7.26***	0.03***	0.16***	0.02**	0.03	0.02	0.98

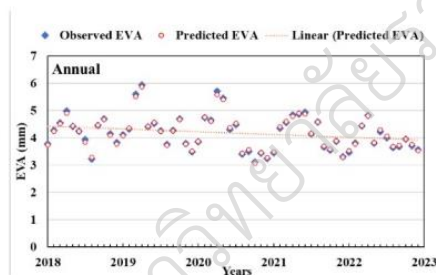
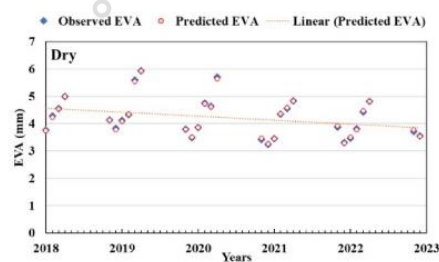
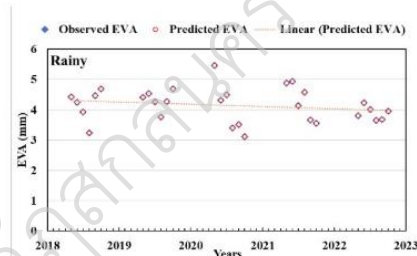
***Parameter is significant at the $\alpha = 0.001$ level**Parameter is significant at the $\alpha = 0.01$ level*Parameter is significant at the $\alpha = 0.05$ level**Table 5.** The fixed effect of 3 models was utilized to calculate EVA in the rainy season from 2018-2022

Model	β_0	$\beta_{1(SR)}$	$\beta_{2(T)}$	$\beta_{3(RH)}$	RMSE	MBE	R ²
Model 1	0.58	0.02***			0.07	0.06	0.92
Model 2	-2.37	0.02***	0.11		0.02	0.02	0.98
Model 3	0.41	0.02***	0.16*	0.04	0.01	0.01	0.99

***Parameter is significant at the $\alpha = 0.001$ level**Parameter is significant at the $\alpha = 0.01$ level*Parameter is significant at the $\alpha = 0.05$ level

EVA predictions

Sakon Nakhon has faced a drought problem in the past ten years. The monthly average of predicted EVA values from 2018 to 2022 are presented in Figure 4-6. In 2019, it gave high EVA values compared with 2022. Notably, observed and expected EVA show a similar tendency. EVA values from observations and predictions show an insignificant decrease in Sakon Nakhon from 2018 to 2022. A possible explanation might be that meteorological conditions such as low SR, and low T impact EVA.

**Figure 4.** The monthly average EVA data between observed and predicted from 2018-2022**Figure 5.** The monthly average EVA data between observed and predicted in dry season from 2018-2022**Figure 6.** The monthly average EVA data between observed and predicted in the rainy season from 2018-2022

Conclusions

Estimating EVA based on meteorological data was investigated in 2018-2022. Our study shows that predicted EVA achieved from the Model with meteorological parameters has a high performance for increasing current ground-based EVA observing networks. Furthermore, regarding the EVA observing networks, this technique will give necessary data related to drought to EVA and their effect on the climate change crisis.

Acknowledgement

The Sakon Nakhon Rajabhat University funded this study. We thank the Thai Meteorological Department for providing meteorological parameters data.

References

Althoff, D., Rodrigues, L.N., da Silva, D.D., and Bazame, H.C. (2019). Improving methods for estimating small reservoir evaporation in the Brazilian Savanna. *Agricultural Water*

- Management, 216:105-112. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.028>
- Finch, J. and Calver, A. (2008). Methods for the quantification of evaporation from lakes. Prepared for the World Meteorological Organization's Commission for Hydrology, Oxfordshire, UK, 41 p.
- Findell, K.L., Keys, P.W., van der Ent, R.J., Lintner, B.R., Berg, A., and Krasting, J.P. (2019). Rising Temperatures Increase Importance of Oceanic Evaporation as a Source for Continental Precipitation. *Journal of Climate*, 32(22):7713-7726. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0145.1>
- Liu, J., Yu, J., Yao, Y., and Dorjee, D. (2022). Spatial distribution and change trend of land surface evaporation and drought in Sichuan Province (China) during 2001 to 2015. *European Journal of Remote Sensing*, 55(sup1):46-54. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2031308>
- Majhi, B., Naidu, D., Mishra, A.P., and Satapathy, S.C. (2020). Improved prediction of daily pan evaporation using Deep-LSTM model. *Neural Computing and Applications*, 32(12):7823-7838. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04127-7>
- Woolway, R.I., Kraemer, B.M., Lenters, J.D., Merchant, C.J., O'Reilly, C.M., and Sharma, S. (2020). Global lake responses to climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(8):388-403. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5>

ภาคผนวก ข

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ

1. Pilahome, O., Ninssawan, W., **Jankondee, Y.**, Janjai, S., & Kumharn, W., 2022. Long-term variations and comparison of aerosol optical properties based on MODIS and ground-based data in Thailand. *Atmospheric Environment* 286, 119218, **Impact factor 5.755 (Q₁)**.
2. Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Masiri, I., Buntoung, S., Pattarapanitchai, S., Wattan., R., Pilahome, O., Ninssawan, W., & **Jankondee, Y.** (2022). Improved Hourly and long-term PM_{2.5} Prediction Modeling Based on MODIS in Bangkok. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 100864. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100864>, **Impact factor 4.93 (Scopus) (Q₁)**.
3. Kumharn, W., Piwngam, W., Pilahome, O., **Jankondee, Y.**, & Chaochai-kong, S. (2022). Effects of meteorological factors on dengue incidence in Bangkok city: a model for dengue prediction. *Modeling Earth Systems and Environment*, DOI:10.1007/s40808-022-01557-6. **Impact factor 3.899 (Scopus) (Q₁)**.
4. Pilahome, O., Ninssawan, W., **Jankondee, Y.**, Janjai, J., Masiri, I., & Kumharn, W., 2022. Variations in aerosols and aerosols-cloud interactions in Bangkok using MODIS satellite data during high PM_{2.5} concentrations. *Advances in Space research*, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.12.018>, **Impact factor 2.611 (Q₂)**.
5. Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Masiri, I., Buntoung, Pilahome, O., Jankondee, Y., & Homjampa, C., **Jankondee, Y.** (2023): Estimating Hourly Full-Coverage PM_{2.5} Concentrations Based on MODIS Data over the Northeast of Thailand. *Modeling Earth Systems and Environment*, **In press. Impact factor 3.899 (Scopus) (Q₁)**.
6. Buntoung, S., Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Masiri, I., Pattarapanitchai, S., Wattan., R., Pilahome, O., Ninssawan, W., & **Jankondee, Y.** (2024). Variation in cloud microphysics properties over Thailand. *Atmospheric Environment*, **Submitted, Impact factor 5.755 (Q₁)**.

7. Masiri, I., Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Buntoung, S., Pattarapanitchai, S., Wattan., R., Pilahome, O., Ninssawan, W., & **Jankondee, Y.** (2024). Rian Cloud and non-Rain clouds properties during high PM2.5 concentration in Thailand for artificial rainmaking. *Atmospheric Environment*.

Submitted, Impact factor 5.755 (Q₁).

8. Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Masiri, I., Buntoung, S., Wattan., R., Pattarapanitchai, S., Pilahome, O., Ninssawan, W., & **Jankondee, Y.** (2024). Association between rain and PM2.5 during high PM2.5 concentrations over Thailand. *Atmospheric Environment*. **Submitted, Impact factor 5.755 (Q₁).**

9. Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Masiri, I., Buntoung, S., Pattarapanitchai, S., Wattan., R., Pilahome, O., Ninssawan, W., & **Jankondee, Y.** (2024). Warm and clod cloud formation during high PM2.5 concentrations in Bangkok. *Geophysical Research Letter*. **Submitted, Impact factor 5.576 (Q₁).**

10 . Ninssawan, W., Kumharn, W., Masiri, I., Pilahome, O., & **Jankondee, Y.** (2024). A model small reservoir evaporation in Mekong basin. *Journal of the Atmospheric Sciences*. **Submitted, Impact factor 3.203 (Q₁).**

11. **Jankondee, Y.**, Ninssawan, W., Masiri, I., Pilahome, O., & W., Kumharn (2024). Obtaining of PM2.5 Model based on CALIPSO over the North of Thailand. *Journal of the Atmospheric Sciences*. In process, Impact factor 3.203 (Q₁).

ภาคผนวก ค

ร่วมแสดงผลงานระดับนานาชาติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ร่วมแสดงผลงานระดับนานาชาติ

1. งาน “2023 Kaohsiung International Invention and Design EXPO” (KIDE 2023) ได้รับ 2 รางวัล คือ **Hong Kong Special Gold Award** จาก Hong King Yan Chai Steam Faire และ Silver Medal โดยมี ดร.วิภารัตน์ ดีอ่อง ผู้อำนวยการสำนักงานการวิจัยแห่งชาติให้เกียรติมอบรางวัล และร่วมแสดงความยินดีกับคณะนักวิจัย



ภาพประกอบ 43 เข้าร่วมงาน “2023 Kaohsiung International Invention and Design EXPO” (KIDE 2023)

2. งาน “The 35th International Invention, Innovation & Technology Exhibition” (ITEX 2024) ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์ สหพันธรัฐมาเลเซีย 16-18 พฤษภาคม 2024

- ☐ PM.2.5 Absorber for Use in the Standard Classroom
- ☐ A Low-cost PM2.5 Monitoring on AirSync Mobile Alert System

ภาคผนวก ง

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล	นายไวยยา นิสสววรรณ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	ป.8/18-1 หมู่ 5 ตำบลศรีสงคราม อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม
สถานที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2559	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสหราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม
พ.ศ. 2563	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
พ.ศ. 2567	ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2567	นักวิจัยประจำศูนย์วิทยาศาสตร์บรรยากาศและอวกาศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร