

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

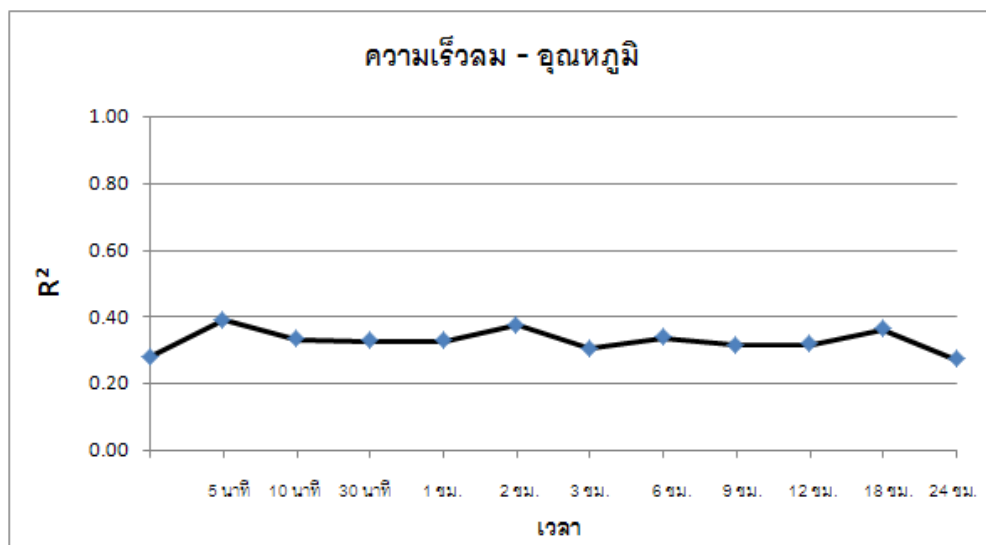
บทนี้เป็นการแสดงผลของการประยุกต์ใช้ฟัซซีเซต-อัลกอริธึมแบบอานานิคมมตสำหรับ คำนวณค่าปริมาณน้ำฝน โดยใช้ตัวแปรเข้าจากข้อมูลอุทกวิทยาพื้นฐาน 4 ตัวซึ่งได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และความส่องสว่างของท้องฟ้า ของสถานีตรวจอากาศ อำเภอ โโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2560 ซึ่งผลการศึกษาและอภิปรายจะได้แสดงดัง หัวข้อต่อไปนี้

1. ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนแบบลวงหน้า
2. ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา ข้อมูลฝนแบบต่อเนื่องเป็นช่วง ๆ
 - 2.1 ฝนช่วงสั้น
 - 2.2 ฝนช่วงกลาง
 - 2.3 ฝนช่วงยาว
3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง Fuzzy-ACO

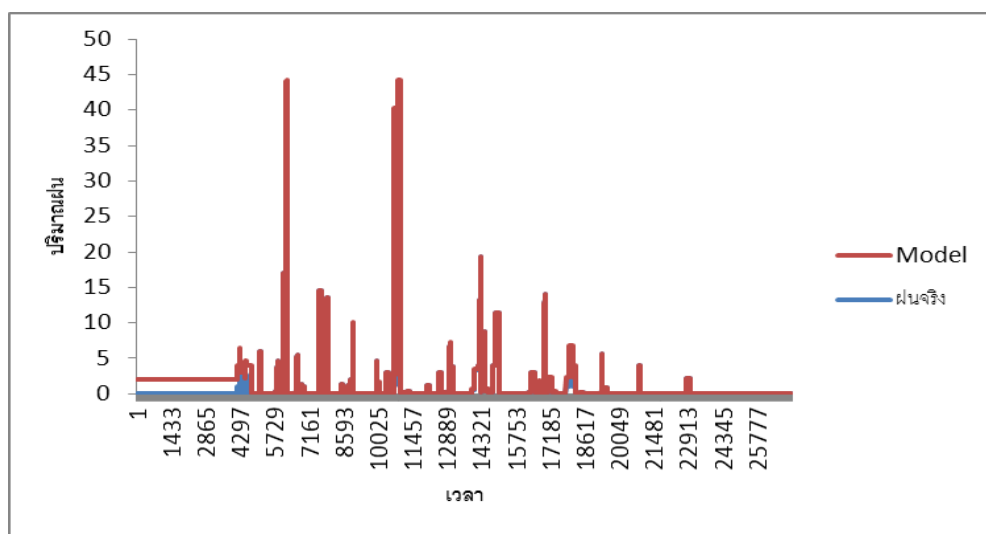
ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนแบบลวงหน้า

1. ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร
 - 1.1 ความเร็วลม อุณหภูมิ

ภาพที่ 4.1 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบลวงหน้าที่เวลา 5 นาที ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.4072 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.2988 - 0.4072 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.1 ค่า R² ของการพิจารณา 2 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ

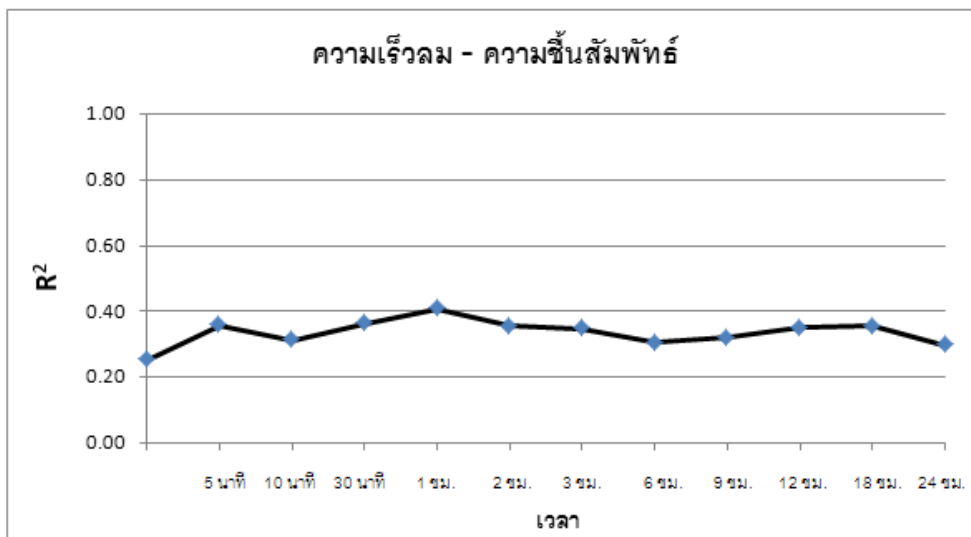


ภาพที่ 4.2 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 5 นาที ของ ความเร็วลม และอุณหภูมิ

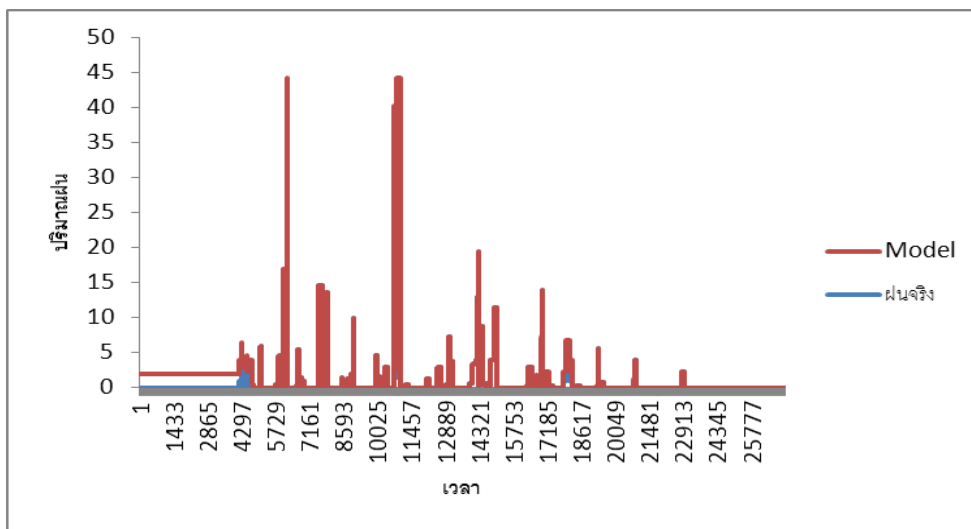
1.2 ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์

ภาพที่ 4.3 ค่า R² ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร คือ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าที่เวลา 1 ชั่วโมง ให้ R² สูงที่สุด คือ 0.3916 ถึงอย่างไรก็ตาม R² ของแต่ละช่วงเวลาก็มี

ค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.2726 - 0.3916 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



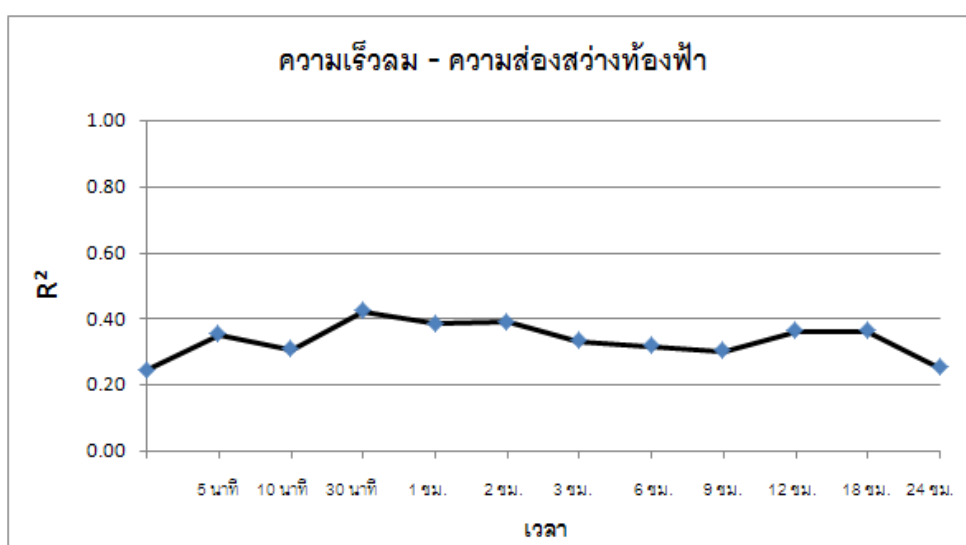
ภาพที่ 4.3 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์



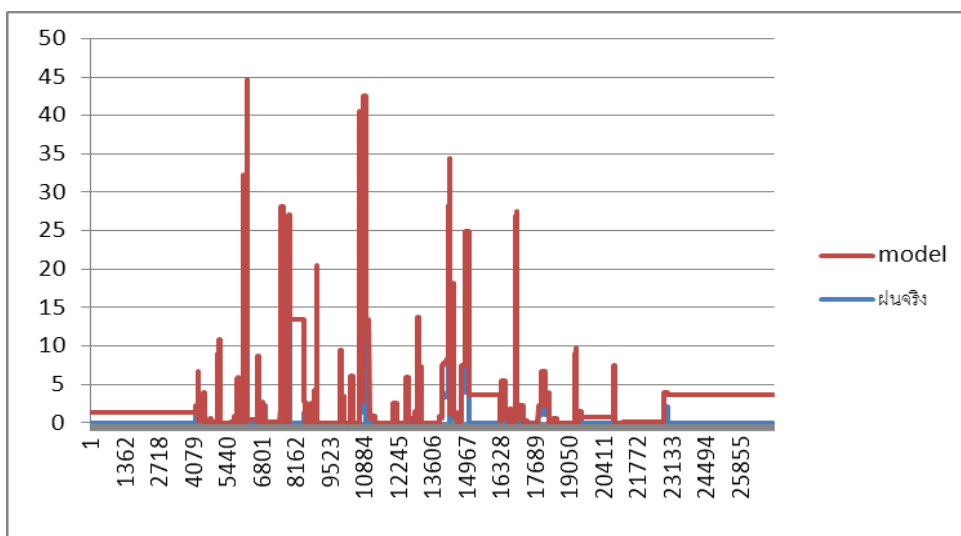
ภาพที่ 4.4 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 1 ชั่วโมงของ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์

1.3 ความเร็วลม ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.5 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร คือ ความเร็วลม ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าเป็นเวลา 30 นาที ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.4233 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.2531 - 0.4233 เนื่องจากการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



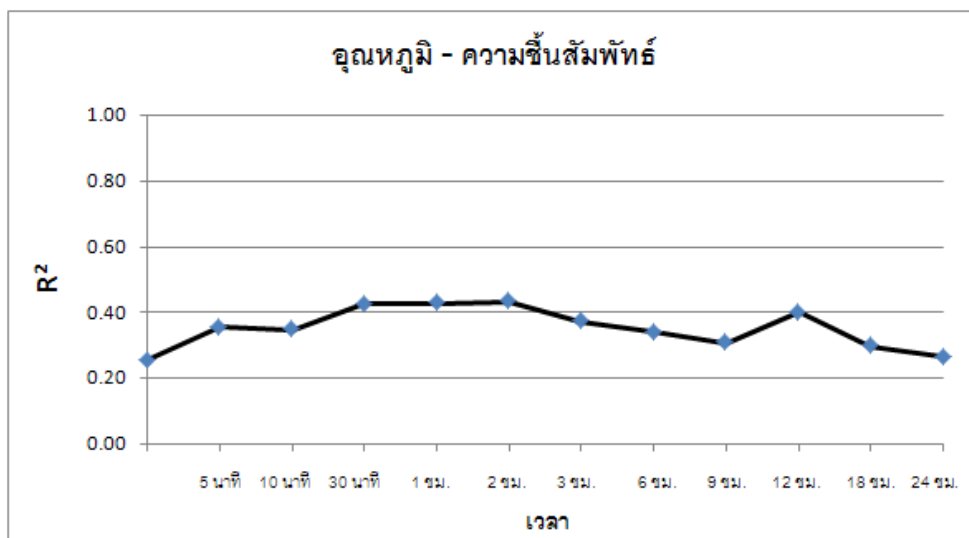
ภาพที่ 4.5 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ความเร็วลม ความส่องสว่างท้องฟ้า



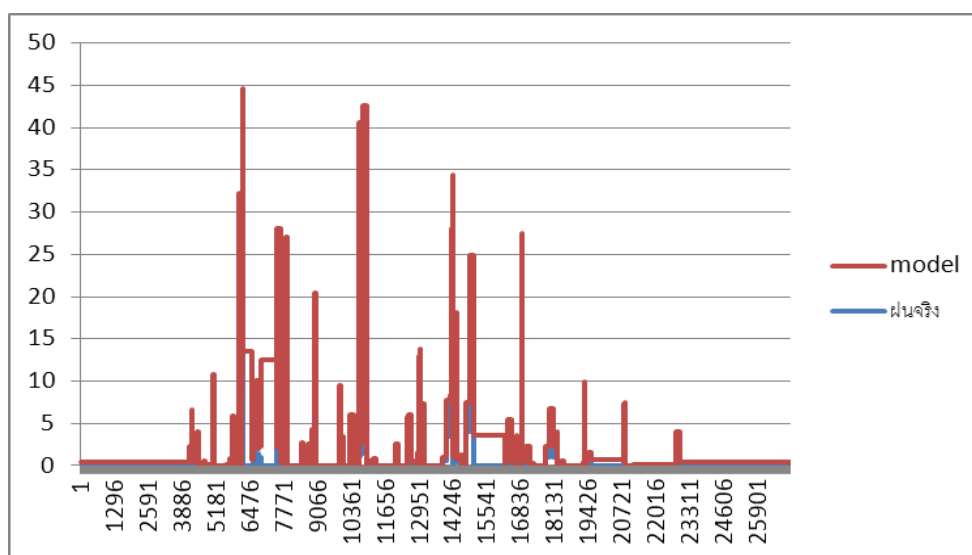
ภาพที่ 4.6 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาด่วงหน้า 30 นาทีของ ความเร็วลม และความส่องสว่างท้องฟ้า

1.4 อุณหภูมิ ขึ้นสัมพันธ์

ภาพที่ 4.7 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.4334 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.2655 - 0.4334 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.7 ค่า R² ของการพิจารณา 2 ตัวแปร อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์

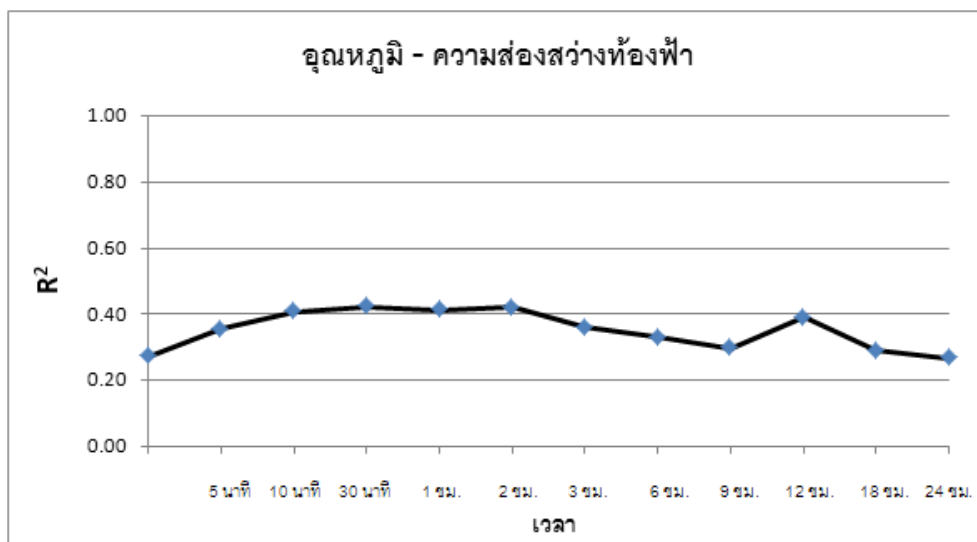


ภาพที่ 4.8 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 2 ชั่วโมงของ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

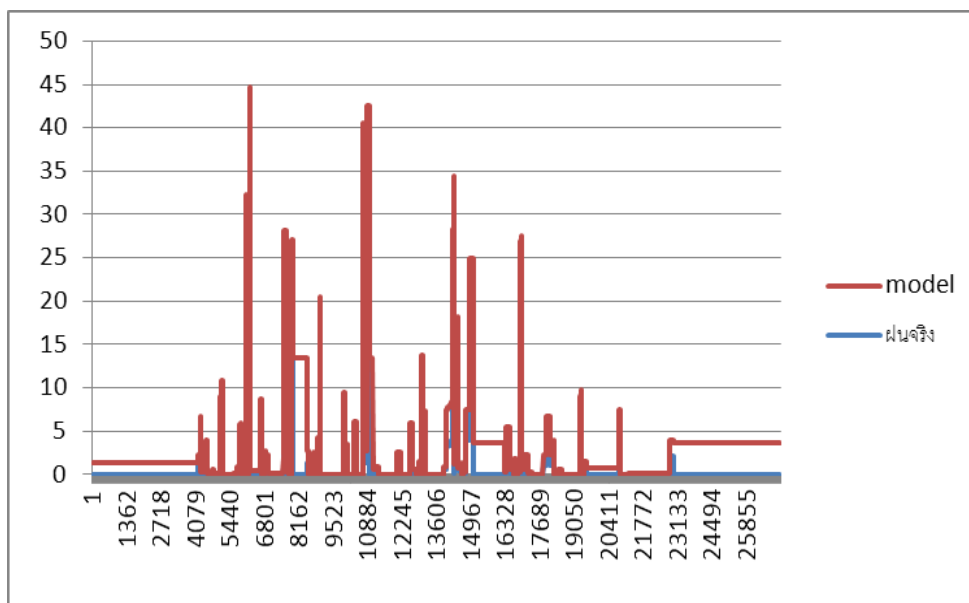
1.5 อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.9 ค่า R² ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร คือ อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าที่เวลา 30 นาที ให้ R² สูงที่สุด คือ 0.4227 ถึงอย่างไรก็ตาม R² ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่

แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.2677 - 0.4334 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



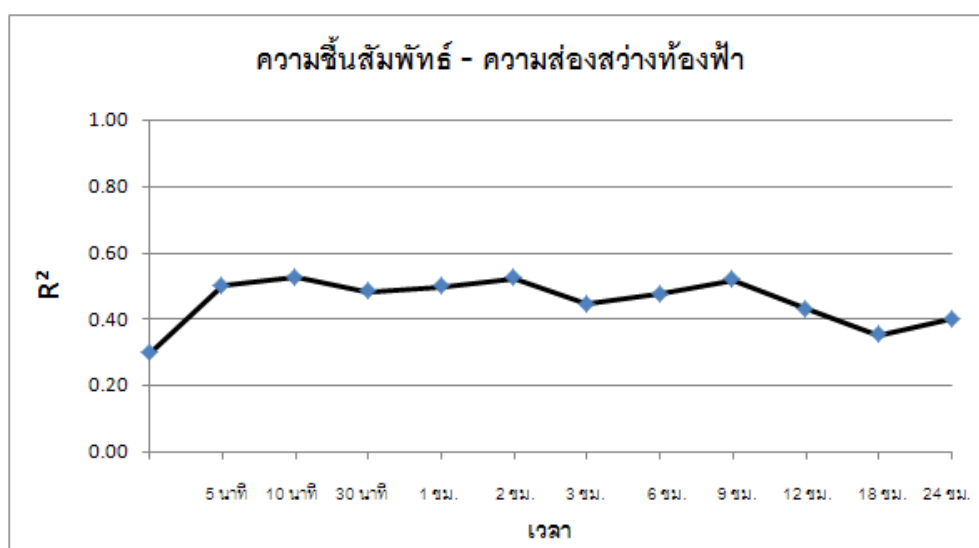
ภาพที่ 4.9 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า



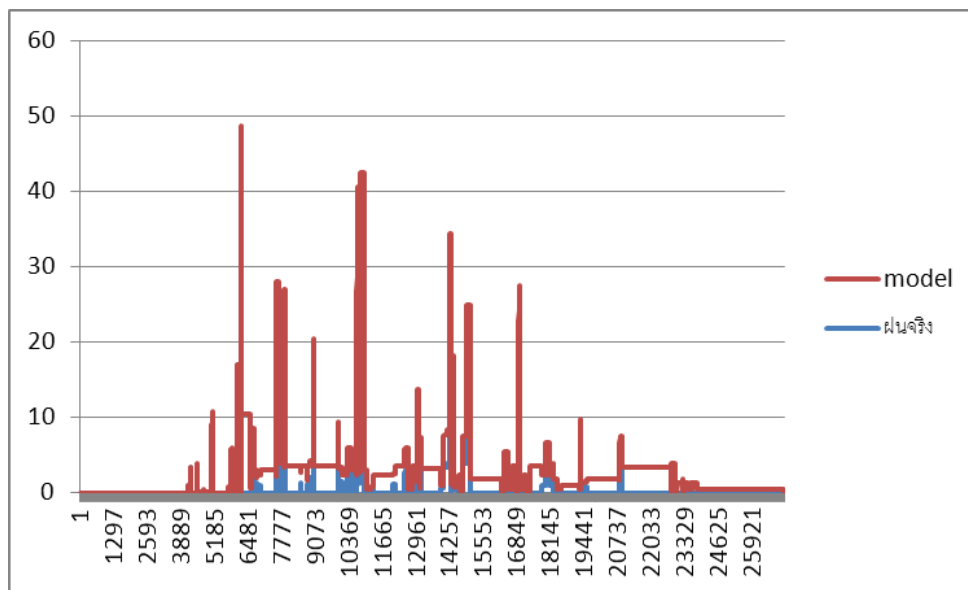
ภาพที่ 4.10 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 30 นาทีของ อุณหภูมิและความส่องสว่างท้องฟ้า

1.6 ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.11 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 2 ตัวแปร คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าเป็นเวลา 10 นาที ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.5264 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.3541 - 0.5264 เนื่องจากการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.11 ค่า R^2 ของการพิจารณา 2 ตัวแปร ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า



ภาพที่ 4.12 ความแตกต่างระหว่างปริมาณผลจริงและปริมาณผลจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 10 นาทีของ ความชื้นสัมพัทธ์และความส่องสว่างท้องฟ้า

จากการพิจารณาตัวแปรเข้า 2 ตัวแปร สามารถสรุปช่วงเวลาที่ให้ค่า R^2 สูงที่สุดได้ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งสรุปค่า R^2 ของช่วงเวลาต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.4072 ที่เวลา 1 ชั่วโมง ตัวแปร ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.3916 ที่เวลา 5 นาที ตัวแปร ความเร็วลม ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.4233 ที่เวลา 30 นาที ตัวแปร อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.4334 ที่เวลา 2 ชั่วโมง ตัวแปร อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.4227 ที่เวลา 30 นาที ตัวแปร ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.5264 ที่เวลา 10 นาที

ดังนั้นถ้ามีตัวแปรเพียงสองตัวแต่สามารถทำนายผลล่วงหน้าได้แม่นยำที่สุด คือ 10 นาที โดยใช้ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์และความส่องสว่างท้องฟ้า

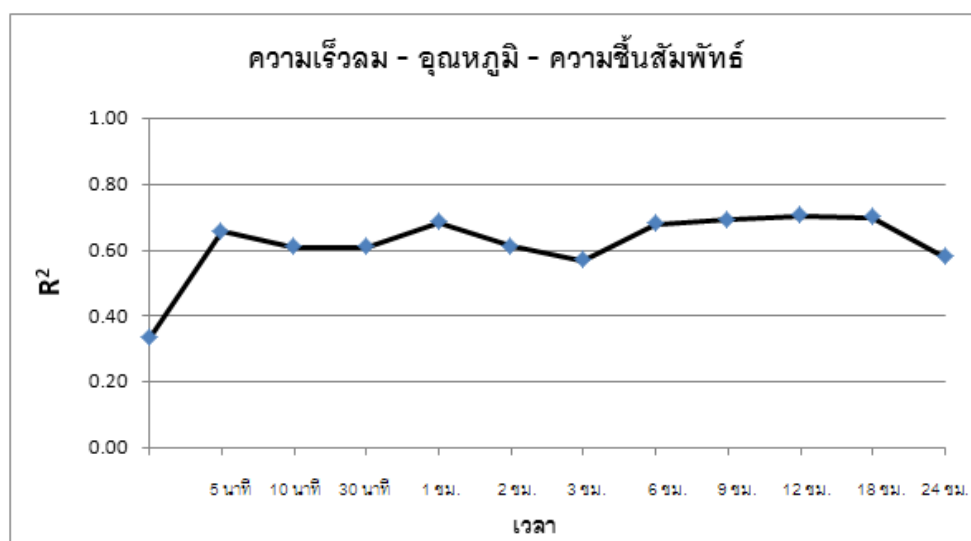
ตารางที่ 4.1 ค่า R^2 ที่สูงที่สุดของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝน โดยพิจารณา 2 ตัวแปร

ตัวแปรเข้า	เวลา	R^2
ความเร็วลม – อุณหภูมิ	1 ชั่วโมง	0.4072
ความเร็วลม – ความชื้นสัมพัทธ์	5 นาที	0.3916
ความเร็วลม – ความส่องสว่างท้องฟ้า	30 นาที	0.4233
อุณหภูมิ – ความชื้นสัมพัทธ์	2 ชั่วโมง	0.4334
อุณหภูมิ – ความส่องสว่างท้องฟ้า	30 นาที	0.4227
ความชื้นสัมพัทธ์ – ความส่องสว่างท้องฟ้า	10 นาที	0.5264

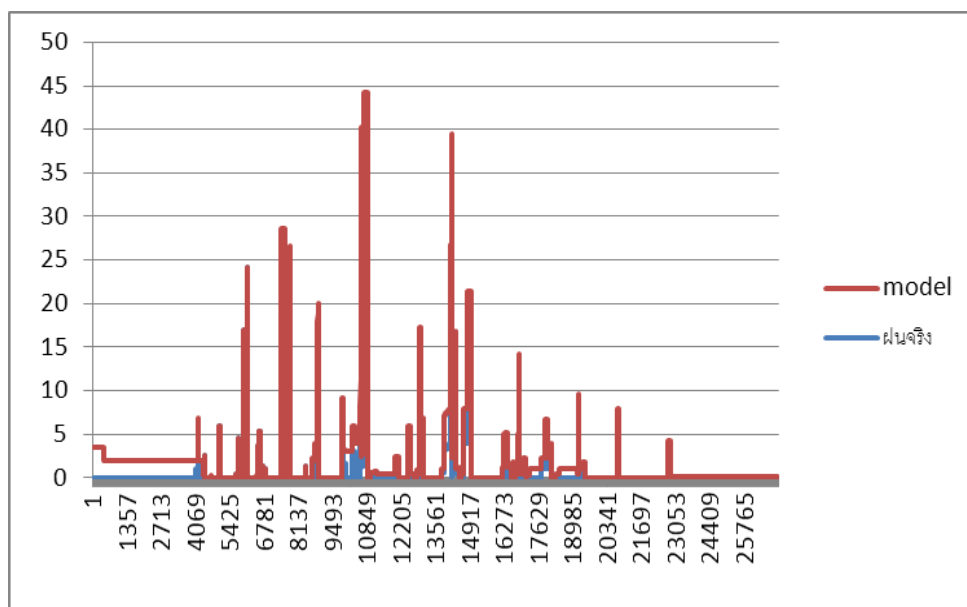
2. ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 3 ตัวแปร

2.1 ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์

ภาพที่ 4.13 ค่า R^2 ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 3 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีเวลาที่ 12 ชั่วโมง ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.7048 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.5679 - 0.7048 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณา ด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



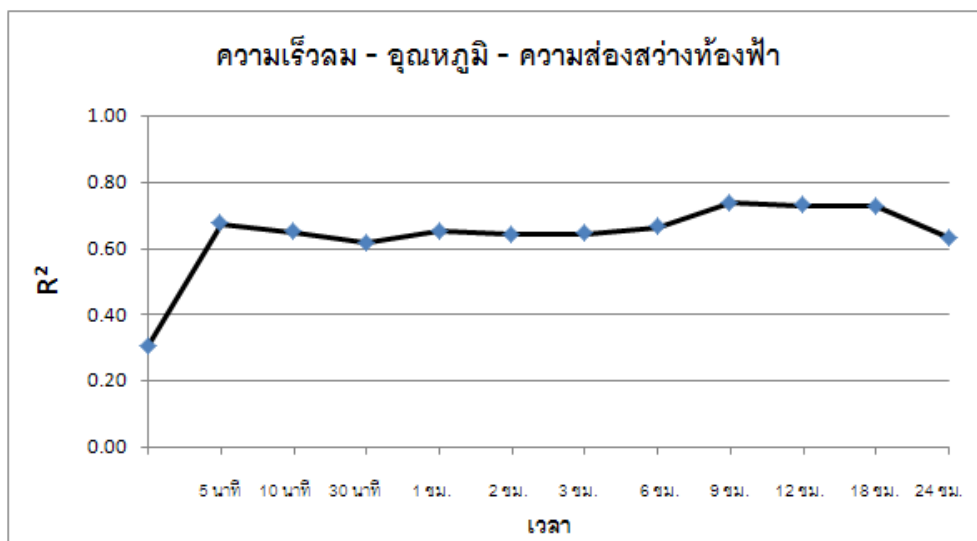
ภาพที่ 4.13 ค่า R^2 ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์



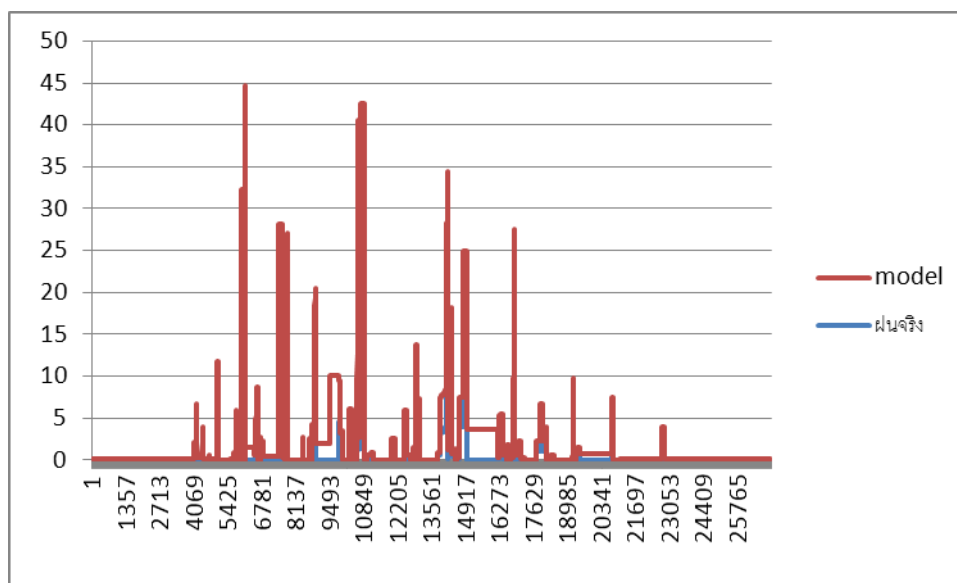
ภาพที่ 4.14 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 12 ชั่วโมงของ ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

2.2 ความเร็วลม อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.15 ค่า R^2 ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 3 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าที่เวลา 9 ชั่วโมง ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.7297 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.6317 - 0.7297 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.15 ค่า R² ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า

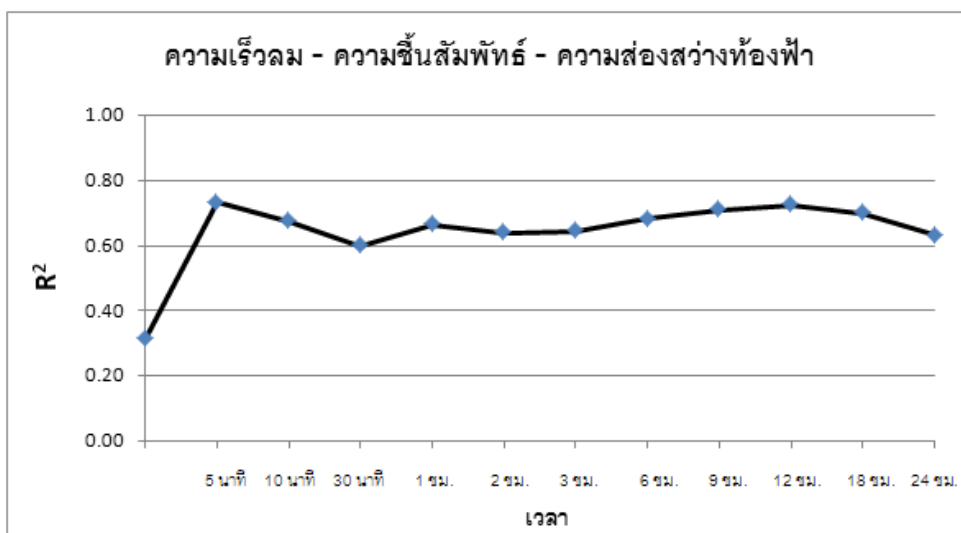


ภาพที่ 4.16 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 9 ชั่วโมงของ ความเร็วลม อุณหภูมิและความส่องสว่างท้องฟ้า

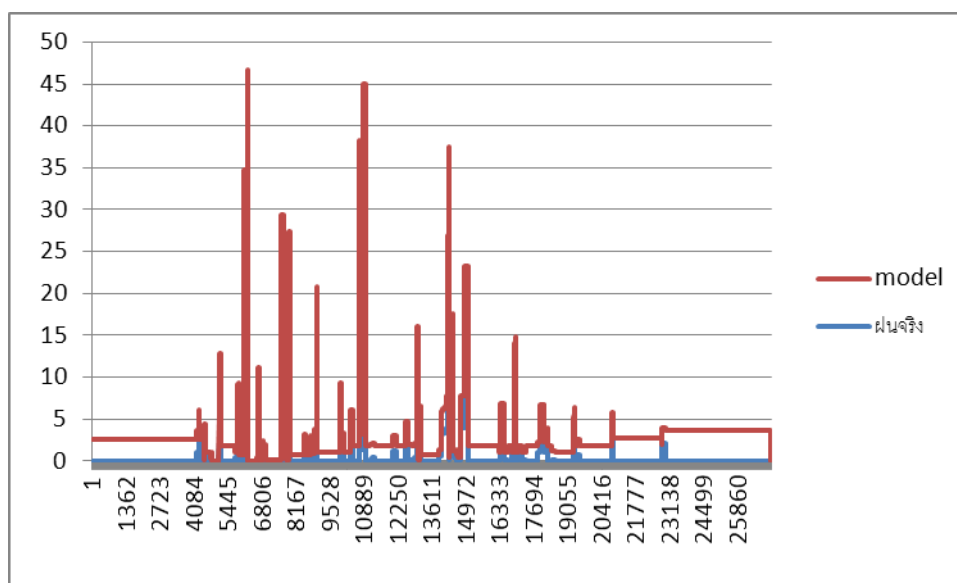
2.3 ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.17 ค่า R² ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 3 ตัวแปร คือ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณี

ทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าเป็นเวลา 5 นาที ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.7333 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.5994 - 0.7333 เนื่องจากเรามีการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



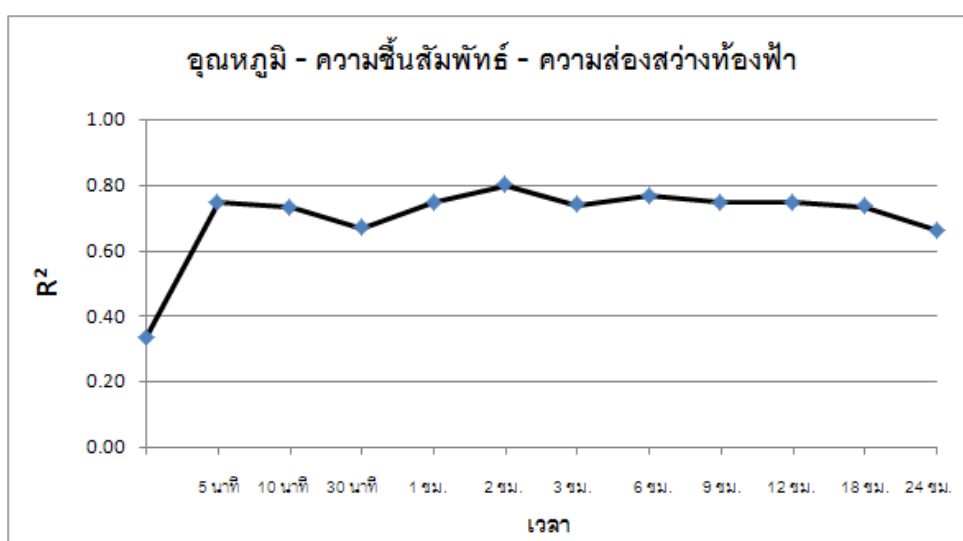
ภาพที่ 4.17 ค่า R^2 ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า



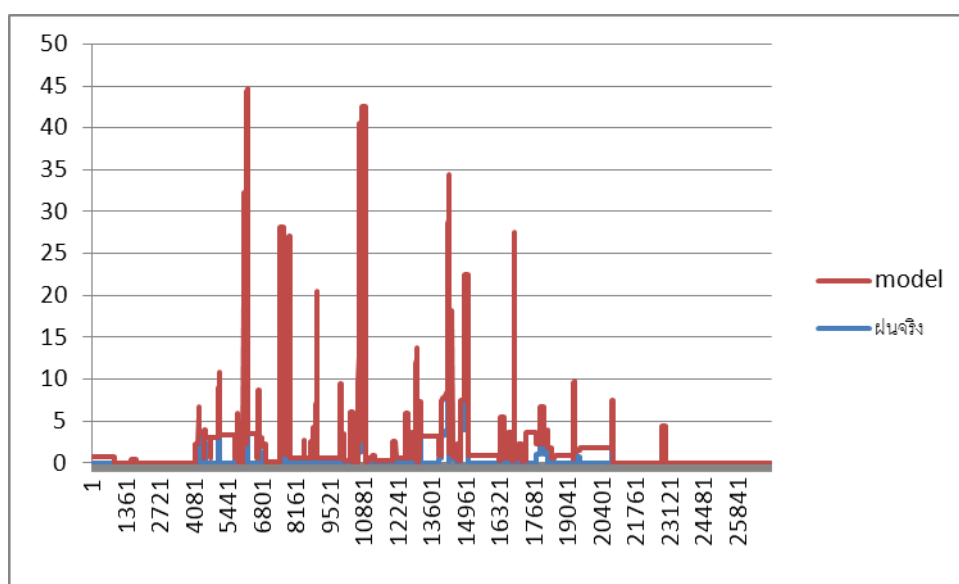
ภาพที่ 4.18 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 5 นาทีของ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์และความส่องสว่างท้องฟ้า

2.4 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.19 ค่า R^2 ของการพิจารณา 3 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 3 ตัวแปร คือ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีทำนายปริมาณฝนแบบล่วงหน้าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.8001 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.6632 - 0.8001 เนื่องจากการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.19 ค่า R^2 ของการพิจารณา 3 ตัวแปร อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า



ภาพที่ 4.20 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 2 ชั่วโมงของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า

จากการพิจารณาตัวแปรเข้า 3 ตัวแปร สามารถสรุปช่วงเวลาที่ให้ค่า R^2 สูงที่สุดได้ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งสรุปค่า R^2 ของช่วงเวลาต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.7048 ที่เวลา 12 ชั่วโมง ตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.7376 ที่เวลา 9 ชั่วโมง ตัวแปร ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.7333 ที่เวลา 5 นาที ตัวแปร อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.8001 ที่เวลา 2 ชั่วโมง

ดังนั้นถ้ามีตัวแปรเพียงสามตัวแต่สามารถทำนายฝนล่วงหน้าได้แม่นยำที่สุด คือ 2 ชั่วโมงโดยใช้ตัวแปรอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความส่องสว่างท้องฟ้า

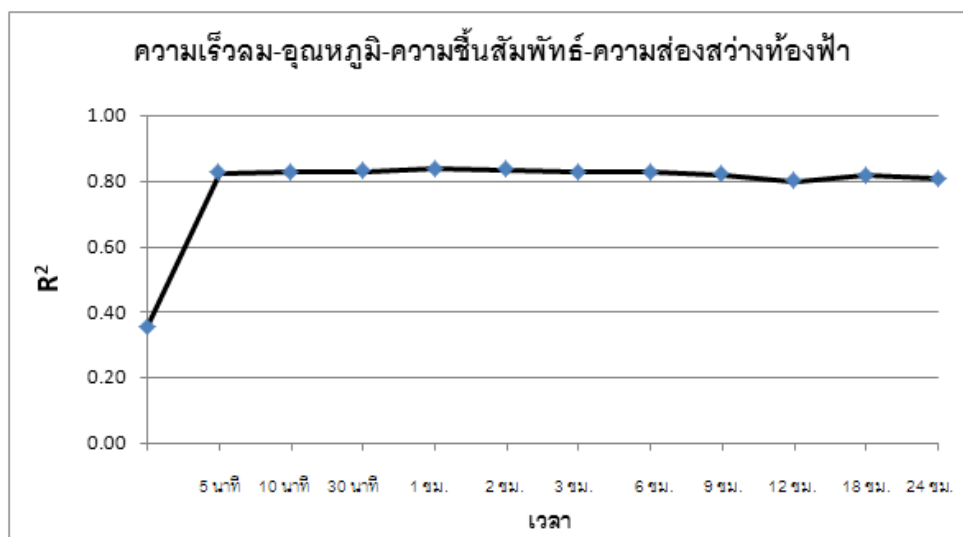
ตารางที่ 4.2 ค่า R^2 ที่สูงที่สุดของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 3 ตัวแปร

ตัวแปรเข้า	เวลา	R^2
ความเร็วลม – อุณหภูมิ – ความชื้นสัมพัทธ์	12 ชั่วโมง	0.7048
ความเร็วลม – อุณหภูมิ – ความส่องสว่างท้องฟ้า	9 ชั่วโมง	0.7376
ความเร็วลม – ความชื้นสัมพัทธ์ – ความส่องสว่างท้องฟ้า	5 นาที	0.7333
อุณหภูมิ – ความชื้นสัมพัทธ์ – ความส่องสว่างท้องฟ้า	2 ชั่วโมง	0.8001

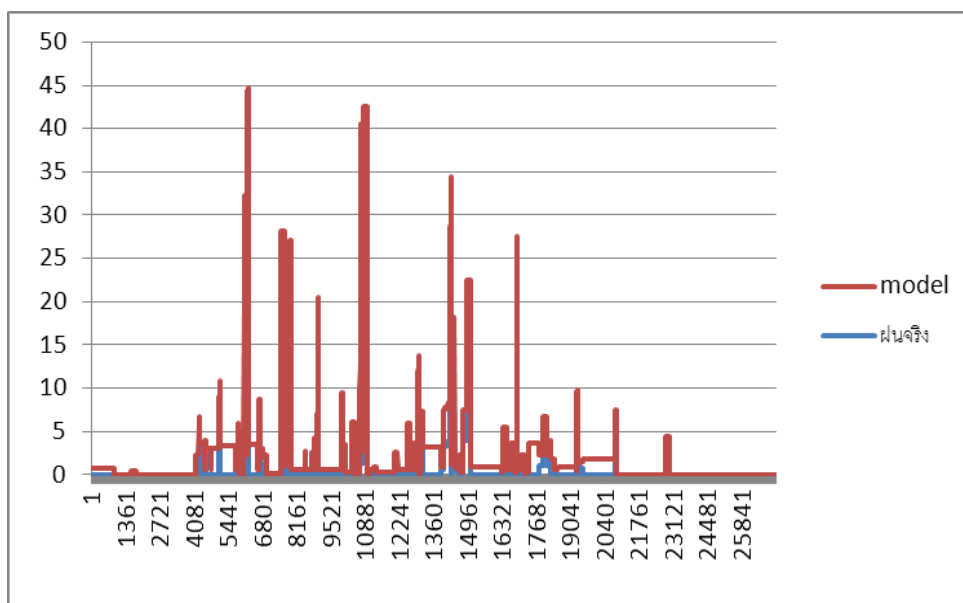
3. ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 4 ตัวแปร

3.1 ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า

ภาพที่ 4.21 ค่า R^2 ของการพิจารณา 4 ตัวแปร ของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 4 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณิเวลาที่ 1 ชั่วโมง ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.8383 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.8002 - 0.8383 เนื่องจากการนำเอาข้อมูลตัวแปรเข้าในวันที่ฝนไม่ตกเข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้ค่า R^2 ของแบบจำลองมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.21 ค่า R^2 ของการพิจารณา 4 ตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า



ภาพที่ 4.22 ความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจริงและปริมาณฝนจากแบบจำลองที่เวลาล่วงหน้า 1 ชั่วโมงของ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความส่องสว่างท้องฟ้า

ตารางที่ 4.3 ค่า R^2 ที่สูงที่สุดของแบบจำลอง Fuzzy-ACO เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับหาปริมาณน้ำฝน โดยพิจารณา 4 ตัวแปร

ตัวแปรเข้า	เวลา	R^2
ความเร็วลม - อุณหภูมิ - ความชื้นสัมพัทธ์ - ความส่องสว่างท้องฟ้า	1 ชั่วโมง	0.8383

จากการพิจารณาตัวแปรเข้า 4 ตัวแปร สามารถสรุปช่วงเวลาที่ให้ค่า R^2 สูงที่สุดได้ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งสรุปค่า R^2 ของช่วงเวลาต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าตัวแปร ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ให้ค่า R^2 สูงที่สุด คือ 0.8383 ที่เวลา 1 ชั่วโมง

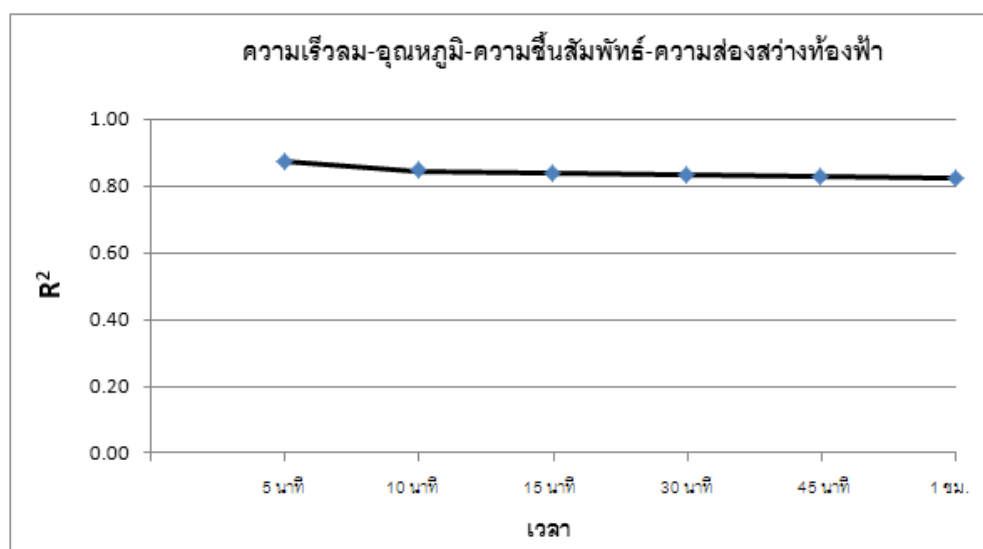
จากผลการทดลองที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า เมื่อเราพิจารณาตัวแปรเข้าทั้งหมด 4 ตัวจะให้ค่า R^2 สูงที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ตามค่า R^2 ที่ได้จากการทดลองนั้นยังมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เนื่องด้วยขณะที่ทำการทดลองได้มีการพิจารณาข้อมูลของวันและเวลาที่ฝนไม่ตกหรือวันที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนเลยเข้ามาพิจารณาด้วย จึงทำให้แบบจำลองมีค่าที่คลาดเคลื่อน โดยในช่วงเวลาที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนแต่ในแบบจำลองกับแสดงปริมาณน้ำฝนออกมา ทำให้แบบจำลองไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกข้อมูลเฉพาะวันและเวลาที่ฝนตกมาพิจารณา 3 ลูก คือ ฝนที่มีช่วงเวลาน้ำฝนตกปานกลาง และฝนตกยาว เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองและแบบจำลองสอดคล้องกับความเป็นจริง ซึ่งจะแสดงในหัวข้อถัดไป

ผลการประยุกต์ใช้ Fuzzy-ACO ในการหาค่าปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณา 4 ตัวแปร โดยใช้ข้อมูลฝนแบบต่อเนื่องเป็นช่วง ๆ

1. ฝนช่วงสั้น

เนื่องด้วยการพิจารณาปริมาณน้ำฝนเป็นช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งนั้น มีข้อมูลที่มีลักษณะที่สั้นเป็นช่วง ๆ จึงทำให้การแบ่งช่วงเวลาสั้นลง ผู้วิจัยได้แบ่งพิจารณาเวลาของช่วงการเกิดฝนออกเป็น 5 นาที 10 นาที 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง เท่านั้น

ภาพที่ 4.23 แสดงค่า R^2 ของฝนช่วงสั้นโดยพิจารณา 4 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีเวลาที่ 5 นาที ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.8732 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.8244 - 0.8732 เพื่อความเชื่อมั่นในแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำเป็นต้องแบ่งพิจารณาเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำฝนเท่านั้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริง

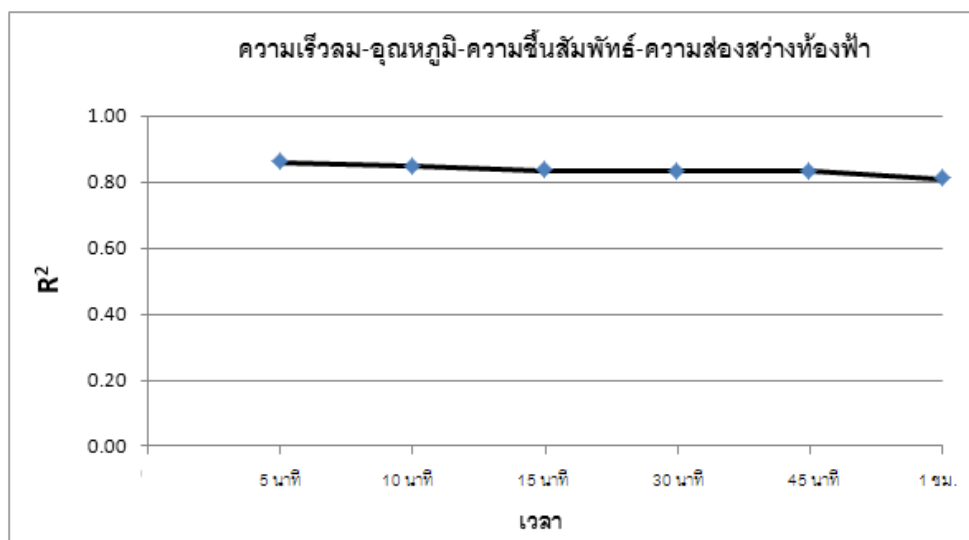


ภาพที่ 4.23 ค่า R^2 ของฝนช่วงสั้น

2. ฝนช่วงกลาง

ภาพที่ 4.24 แสดงค่า R^2 ของฝนช่วงกลางโดยพิจารณา 4 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีเวลาที่ 5 นาที ให้ R^2 สูงที่สุด คือ 0.8622 ถึงอย่างไรก็ตาม R^2 ของแต่ละ

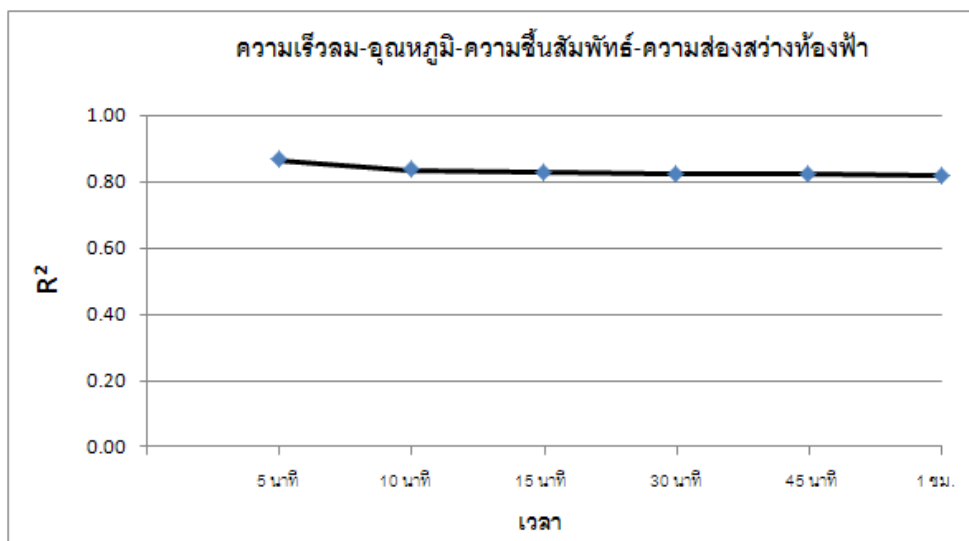
ช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.8106 - 0.8622 เพื่อความเชื่อมั่นในแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำเป็นจะต้องแบ่งพิจารณาเป็นช่วงเวลาที่มี่ปริมาณน้ำฝนเท่านั้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริง



ภาพที่ 4.24 ค่า R² ของฝนช่วงกลาง

3. ฝนช่วงยาว

ภาพที่ 4.25 แสดงค่า R² ของฝนช่วงยาวโดยพิจารณา 4 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่างท้องฟ้า ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ของสถานีอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จะเห็นได้ว่า กรณีเวลาที่ 5 นาที ให้ R² สูงที่สุด คือ 0.8672 ถึงอย่างไรก็ตาม R² ของแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก โดยอยู่ที่ระหว่าง 0.8183 - 0.8672 เพื่อความเชื่อมั่นในแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำเป็นจะต้องแบ่งพิจารณาเป็นช่วงเวลาที่มี่ปริมาณน้ำฝนเท่านั้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริง

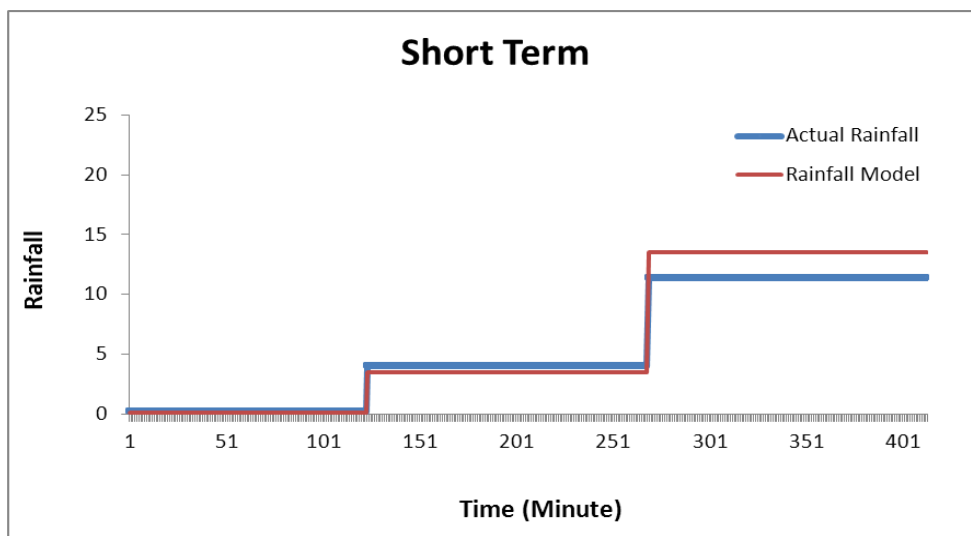


ภาพที่ 4.25 ค่า R² ของฝนช่วงยาว

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง Fuzzy-ACO

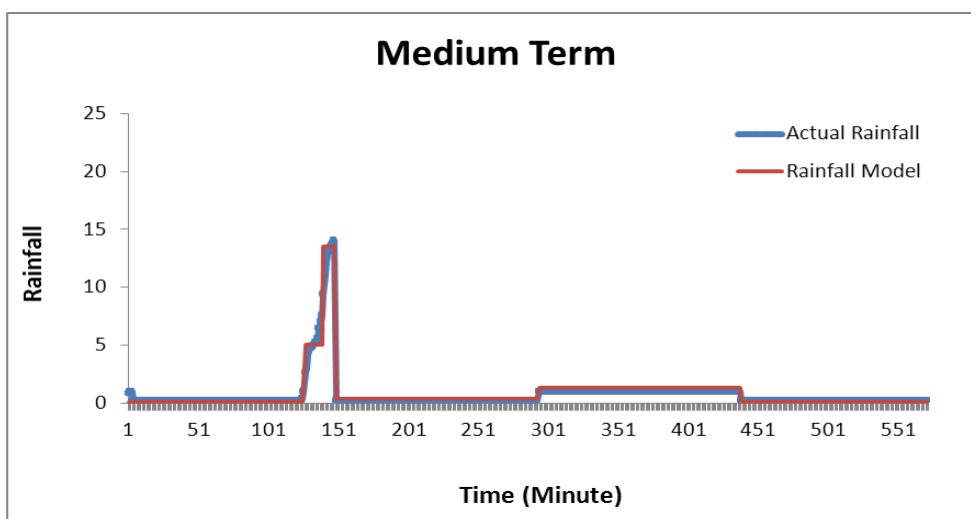
ภาพที่ 4.26 – 4.28 แสดงค่าปริมาณน้ำฝนจริงและค่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลอง โดยได้แสดงเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่มีฝนเป็นช่วงสั้น กรณีที่มีฝนเป็นช่วงปานกลาง กรณีที่มีฝนเป็นช่วงยาว ซึ่งจะแสดงเฉพาะกรณีพิจารณา 4 ตัวแปร คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความส่องสว่าง ท้องฟ้า เท่านั้น เนื่องจาก R² ที่ได้มีค่าสูงที่สุด

จากภาพที่ 4.26 แสดงความแตกต่างของฝนช่วงสั้น จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ 1 – 273 ปริมาณฝนจริงมีค่าสูงกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลองเล็กน้อยและตั้งแต่ช่วง 274 – 413 ปริมาณฝนจริงมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลอง



ภาพที่ 4.26 ความแตกต่างของฝนช่วงสั้น

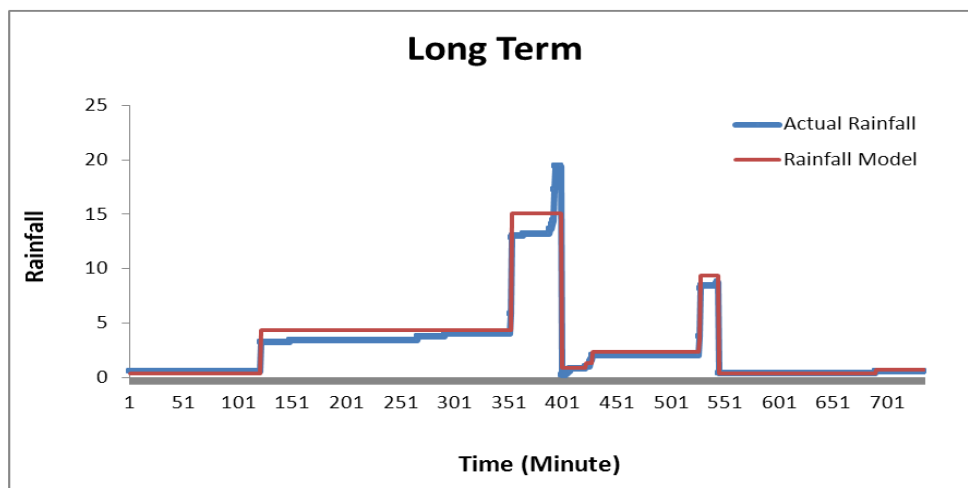
จากภาพที่ 4.27 แสดงความแตกต่างของฝนช่วงปานกลาง จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ 1 – 150 ปริมาณฝนจริงมีค่าสูงกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลองเล็กน้อยและตั้งแต่ช่วง 150 – 572 ปริมาณฝนจริงมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลอง



ภาพที่ 4.27 ความแตกต่างของฝนช่วงกลาง

จากภาพที่ 4.28 แสดงความแตกต่างของฝนช่วงปานกลาง จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ 1 – 125 ปริมาณฝนจริงมีค่าสูงกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลองเล็กน้อยและตั้งแต่ช่วง 126 – 390 ปริมาณฝนจริงมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลอง ช่วงเวลาที่ 390 – 400 ปริมาณฝนจริงสูงกว่าปริมาณฝน

ที่ได้จากแบบจำลอง และช่วงเวลาที่ 401 – 735 ปริมาณฝนจริงมีค่าต่ำกว่าปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลอง



ภาพที่ 4.28 ความแตกต่างของฝนช่วงยาว