สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.)

แบบฟอร์มสรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 1 หน้ากระดาษ A4

1. ชื่อผลงาน/โครงการ การเพิ่มผลสัมฤทธิ์และการลดความเสี่ยงในการบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยฝนหลวง (ปี 2)
2. ชื่อผลงาน/โครงการ Performance improvement and Risk Reduction in Water Management of Phetchaburi River Basin using Royal Rainmaking (Year 2)
3. ชื่อ นามสกุล นักวิจัย ผศ.ดร.วิษวัฒก์ แต้สมบัติ
4. ชื่อ นามสกุล นักวิจัย Asst.Prof.Dr.Wisuwat Taesombat
5. ที่อยู่ที่ติดต่อได้ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140 เบอร์โทร 086-383-3289 อีเมล์ fengwwt@ku.ac.th
6. ชื่อหน่วยงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการเสร็จ 2565
8. คำค้น keyword ฝนหลวง, การบริหารจัดการน้ำ, แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า, แบบจำลองสมดุลน้ำ, ระบบช่วยตัดสินใจ, ความต้องการใช้น้ำ, การขาดแคลนน้ำ, ภัยแล้ง, ปริมาณน้ำในบรรยากาศ, การเพิ่มผลสัมฤทธิ์, การลดความเสี่ยง, วอเตอร์ฟรุตปรินุ, ลุ่มน้ำเพชรบุรี
9. อ้างอิง (ใส่ URL ที่สามารถเข้าถึงเอกสารได้กรณีเผยแพร่ผลงานฉบับเต็มทางอินเตอร์เน็ต ถ้าไม่มีให้เว้นว่างไว้)
10. รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว (สามารถแยกไฟล์ หรือใส่รวมไว้ในเนื้อหาได้)
11. คำอธิบาย 1 หน้า กระดาษ A4 (font Tahoma ขนาด 10 แบบ Regular)

แผนงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มผลสัมฤทธิ์และการลดความเสี่ยงในการบริหารจัดการลุ่มน้ำเพชรบุรี (ปี 2) ซึ่งประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อยทั้งสิ้นสี่โครงการ สำหรับโครงการวิจัยย่อยที่ 1 เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการทำฝนหลวงโดยการตรวจสอบจากปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นค่าปริมาณฝนรายชั่วโมง นำมาค่าหาสะสมรายครึ่งวันโดยใช้ระยะเวลาที่ครอบคลุมการขึ้นบินทำปฏิบัติการและช่วงเวลาที่จะเกิดฝนตกหลังจากปฏิบัติการในช่วง 09.00 – 21.00 น. เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้จัดเก็บข้อมูลมีข้อจำกัดไม่สามารถดึงข้อมูลฝนกริดเรดาร์เป็นรายชั่วโมงได้ สามารถดึงข้อมูลได้เพียงแค่ช่วงเวลาดังกล่าว และอยู่ระหว่างการปรับเปลี่ยนระบบคอมพิวเตอร์ในอนาคตน่าจะสามารถดึงข้อมูลย้อนหลังเป็นรายชั่วโมงได้ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายครึ่งวันซึ่งได้จากเรดาร์ที่อยู่ในรูปของกริด มีการกระจายตัวตามพื้นที่หวังผลสัมฤทธิ์ของแต่ละปฏิบัติการ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ถือว่าข้อมูลฝนจากเรดาร์มีความถูกต้อง แม่นยำ ใช้เป็นข้อมูลปริมาณฝนอ้างอิงในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การทำฝนหลวงได้

จากผลการศึกษาในปีที่ 1 ข้อมูลปฏิบัติการฝนหลวงจำนวน 148 ข้อมูล ในช่วงปี พ.ศ.2561 - ปี พ.ศ.2563 ที่ได้รับจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตร เมื่อนำมาคัดเลือกเฉพาะแนวบินที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี คงเหลือ 108 ข้อมูล ผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคพื้นดินให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.21 อันเนื่องมาจากแนวบินส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำ โดยมีเป้าหมายเพื่อการเติมน้ำให้กับเขื่อนแก่งกระจานเป็นสำคัญ แต่ในบริเวณดังกล่าว สถานีตรวจวัดน้ำฝนภาคพื้นดินมีการกระจายตัวที่ไม่ครอบคลุมและเพียงพอ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูลภูมิอากาศเพิ่มเติมในบริเวณพื้นที่ตอนบน จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีบ้านกร่างแคมป์ ต.ห้วยแม่เพรียง สถานีโรงเรียนบ้านพุเข็ม ต.แก่งกระจาน สถานีโรงเรียนบ้านพุสวรรค์ ต.พุสวรรค์ อ.แก่งกระจาน และ สถานีโรงเรียนบ้านท่าเสลา ต.ยางน้ำกลัดเหนือ อ.หนองหญ้าปล่อง จ.เพชรบุรี

จากผลการศึกษาในปีที่ 2 ข้อมูลปฏิบัติการฝนหลวงในปี พ.ศ.2564 จำนวน 93 ปฏิบัติการ เมื่อนำมาคัดเลือกเฉพาะแนวบินที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี คงเหลือ 71 ปฏิบัติการ พบว่า ผลการเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลฝนเรดาร์และข้อมูลฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่จากข้อมูลฝนภาคพื้นดินและเพิ่มเติม 4 สถานีที่ติดตั้งใหม่ จะให้ค่าสหสัมพัทธ์ดีขึ้นกว่ากรณีที่ไม่นำข้อมูลฝนสถานีทั้ง 4 สถานีมาพิจารณาด้วย และเมื่อพิจารณาเป็นปริมาณฝนสะสมรายเดือน พบว่า ค่าฝนสะสมรายเดือนจากข้อมูลฝนภาคพื้นดินและเพิ่มเติม 4 สถานีที่ติดตั้งใหม่ จะใกล้เคียงกับฝนเรดาร์สะสมรายเดือนมากกว่าตลอดช่วงเวลา 7 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายนของข้อมูลในปี พ.ศ. 2564 ซึ่งความสัมพันธ์ที่ดีขึ้นของการเพิ่มเติมจุดตรวจวัดน้ำฝนบริเวณตอนต้นและตอนกลางของลุ่มน้ำเพชรบุรีในปีที่ 1 นี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในปีที่ 1 ซึ่งเป็นการทวนสอบผลจากข้อมูลการตรวจจริงในปีที่ 2 นี้ ซึ่งนับว่ามีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นจากผลการศึกษาในปีที่ 1 และยังพบว่า ในบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ที่เป้าหมายในการทำฝนหลวงเพื่อเติมน้ำลงเขื่อนแก่งกระจานเป็นหลักตลอดทั้งสี่ปีที่รวบรวมข้อมูลได้ (ปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ.2564)

สำหรับการปรับปรุงการประเมินผลสัมฤทธิ์ของฝนหลวงกับฝนภาคพื้นดินในลุ่มน้ำเพชรบุรี คณะวิจัยเสนอแนะให้นำข้อมูลฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่จากข้อมูลภาคพื้นดินที่ดีขึ้นนี้ไปปรับปรุงการแปลผลของสมการความสัมพันธ์ Z-R relationship ของกรมฝนหลวงและการบินเกษตรได้ต่อไป ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ในปี 2564 สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ได้จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาระบบประเมินปริมาณน้ำฝนและพยากรณ์ฝนล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ ระยะที่ 3 ซึ่งเสนอให้กรมฝนหลวงและการบินเกษตร ได้ปรับข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศจากสถานีเรดาร์ฝนหลวงสัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี จากสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันคือ $Z = 300R^{1.4}$ มาใช้เป็นสมการปรับปรุงใหม่ $Z = 170\ R^{1.6}$ มีความแม่นยำมากกว่าการใช้สมการอื่นๆ ของทั้งเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบในปี พ.ศ.2559 ถึงปี พ.ศ.2563

สำหรับโครงการวิจัยย่อยที่ 2 ซึ่งเป็นนำข้อมูลฝนที่วิเคราะห์ได้จากโครงการวิจัยที่ 1 มาวิเคราะห์ต่อในด้านความชื้นในดินและการเกิดปริมาณน้ำท่าจากน้ำฝน ซึ่งสรุปผลการศึกษาเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การประเมินสภาพความชื้นในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีจากการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและแบบจำลองวิเคราะห์ความชื้นในดิน รวมถึงการประเมินถึงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้แก่แบบจำลอง SWAT และ DWCM-AgWU โดยนำข้อมูลการ

ปฏิบัติการฝนหลวงร่วมพิจารณาในการศึกษา พร้อมทั้งการประยุกต์ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ล่วงหน้า 9 วันร่วมกับแบบจำลอง DWCM-AgWU เพื่อประเมินถึงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานและปริมาตรน้ำในอ่างล่วงหน้า ผลการศึกษาพบว่าจากการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมได้มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนโดยใช้ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตร (สกษ.) หนองพลับ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.72 และรากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ 1.8 องศาเซลเซียส และผลการประเมินพื้นที่เพาะปลูกจากข้อมูลอนุกรมเวลาภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงปี 2015-2021จะเห็นว่ารูปแบบการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ยค่อนข้างมากในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน โดยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8 แสน ถึง 1 ล้าน 2 แสนไร่ หลังจากนั้นในเดือนพฤศจิกายนพื้นที่เพาะปลูกจะลดลงเหลือเฉลี่ยประมาณ 1 แสนไร่ โดยเป็นพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้นและพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานเพชรบุรี นอกจากนั้นยังได้มีการตรวจวัดความชื้นในดินจากเซนเซอร์ความชื้นในดินแบบ IoT และได้ทำการสอบเทียบเซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟและติดตั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีจำนวน 10 จุด สามารถส่งข้อมูลความชื้นในดินแบบใกล้เวลาจริง (near real-time) ทุก 15 นาที จากนั้นได้มีการเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินถึงค่าความชื้นในดินและนำผลการตรวจวัดมาประเมินกับค่าความชื้นที่ได้จากแบบจำลองสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันพบว่า ดัชนีการสอบเทียบโดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยมีค่า R2 เท่ากับ 0.65-0.95, NSE มีค่าเท่ากับ 0.28-0.72 และ PBIAS เท่ากับ -12.71 ถึง 5.01 ยกเว้นเพียง 1 จุดที่ผลการประเมินมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากค่าของปริมาณฝนที่ตรวจวัดมีค่าความคลาดเคลื่อนจากปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่จริง และสุดท้ายแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า SWAT และ DWCM-AgWU ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินค่าปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน โดยเมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นเมื่อมีไม่พิจารณาปริมาณฝนที่เกิดจากการปฏิบัติการฝนหลวงโดยพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่ระบุว่ามีการปฏิบัติการพบว่าปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 22.5-35.5 ล้าน ลบ.ม. และสุดท้ายแบบจำลอง DWCM-AgWU ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับปริมาณฝนพยากรณ์เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าและปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำซึ่งพบว่ามีค่าที่สอดคล้องกับแนวโน้มของข้อมูลในอดีตที่เกิดขึ้น

สำหรับโครงการวิจัยย่อยที่ 3 ซึ่งเป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์ของฝนหลวงในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ซึ่งสรุปผลการศึกษาเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ตัวแปรภูมิอากาศและปริมาณน้ำในบรรยากาศสำหรับการทำฝนหลวง จากข้อมูลสถานีตรวจวัดทั้ง 4 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดอากาศหัวหิน เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และหนองพลับ จำนวน 211 วัน ในช่วงปี พ.ศ. 2560 ถึง 2563 สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำในบรรยากาศพร้อมทั้งการวิเคราะห์กระจายเชิงพื้นที่ของข้อมูลภูมิอากาศและปริมาณน้ำในบรรยากาศ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โอกาสการเกิดฝนจากการปฏิบัติการฝนหลวง พบว่า โอกาสการเกิดฝนจากการปฏิบัติการฝนหลวง ควรมีความชื้นสัมพันธ์ระหว่างร้อยละ 71-90 ความเร็วลมอยู่ระหว่าง 11-20 นอต และปริมาณน้ำในบรรยากาศมีค่าระหว่าง 71-90 มม. ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการวิจัยในปีที่ผ่านมา

ส่วนการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการดำเนินการปฏิบัติการฝนหลวง ใช้ข้อมูลจากปฏิบัติการฝนหลวงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2564 ที่ได้จากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 และ 2 สำหรับขอบเขตการศึกษา ประกอบด้วย ระบบการขนส่งสารฝนหลวง การตรียมสารฝนหลวง และปฏิบัติการบินฝนหลวง โดยหน่วยวัดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝนหลวงประเมินจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปริมาณฝนที่ประเมินด้วยวิธีการที่ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝนหลวงที่ประเมินปริมาณฝนด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) จากฝนสถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 - พ.ศ.2564 มีค่าเท่ากับ 1,599.54, 1,505.68, 567.04 และ 2,458.21 kgCO2 eq/ล้านลบ.ม. ตามลำดับ, ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝนหลวงที่ประเมินจากปริมาณฝนเรดาร์ ตั้งแต่ปีพ.ศ.2561 - พ.ศ.2564 มีค่าเท่ากับ 550.73, 530.11, 258.05 และ 680.60 kgCO2 eq/ล้านลบ.ม. ตามลำดับ และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝนหลวงที่ประเมินจากปริมาณฝนดาวเทียม (ดาวเทียม JAXA) ตั้งแต่ปีพ.ศ.2561 - พ.ศ.2564 มีค่าเท่ากับ 819.41, 1,185.75, 410.27 และ 660.51 kgCO2 eq/ล้านลบ.ม.ตามลำดับ การแปลผลจากข้อมูลในตารางบัญชีรายการพบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกระบวนการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นมลพิษทางตรง (direct emissions) คิดเป็นร้อยละ 60 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของปฏิบัติการฝนหลวง และเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (indirect emissions) ซึ่งติดตัวมากับทรัพยากรที่ใช้ในปฏิบัติการฝนหลวงร้อยละ 40 โดยสารฝนหลวงที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ สารฝนหลวงสูตรร้อน เช่น แคลเซียมออกไซด์และแคลเซียมคลอไรด์ ใช้ในขั้นตอนการเลี้ยงให้อ้วน และ สารฝนหลวงสูตรเย็น เช่น น้ำแข็งแห้งและยูเรีย ใช้ในขั้นตอนการโจมตี เป็นต้น ข้อมูลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในปฏิบัติการฝนหลวงต่อไปในอนาตคได้

สำหรับโครงการวิจัยย่อยที่ 4 ได้รวบรวมผลการศึกษาจากโครงการวิจัยย่อยที่ 1 ถึง 3 และได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่นำเสนอข้อมูลที่ทันต่อสถานการณ์ เพื่อสนับสนุนการทำงานต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้ภาระกิจการทำฝนมีประสิทธิผลที่สูงยิ่งขึ้น ระบบสนับสนุนการทำงานหลักต่อไปนี้ การสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเป้าหมายปฏิบัติการฝนหลวงในการป้องกันภัยแล้งและเติมน้ำให้เขื่อน และสนับสนุนการตัดสินใจก่อนขึ้นบินปฏิบัติการจากสภาพอากาศภาคพื้นและบรรยากาศชั้นบน ตลอดจนรายงานผลการปฏิบัติการ รวมทั้งออกรายงานสรุปการขอรับบริการ และเพื่อให้ผลการวิจัยแพร่หลายและสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิผลแก่การปฏิบัติการฝนหลวงได้ ระบบควรมีการนำไปใช้จริงและมีการติดตามปัญหาเพื่อปรับปรุงและเพิ่มความฉลาดให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยในท้ายที่สุดนี้ ผลที่ได้ทั้งหมดของแผนงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ประชาชนและเกษตรกรบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี และควรขยายผลสู่ภูมิภาคอื่นๆ ต่อไป

(ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2564)