

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบเอกสารเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model

(ภาษาอังกฤษ) The development of rainmaking decision model with TITAN software application and WRF Model

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย)

(ภาษาอังกฤษ)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

☐ โครงการวิจัยใหม่

☐ โครงการวิจัยต่อเนื่อง

ระยะเวลา.....2.....ปี.....เดือน ปีนี้เป็นปีที่.....1.....

1. ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ยุทธศาสตร์ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 : การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาอย่างยั่งยืน

เป้าประสงค์ -ไม่ต้องระบุ-

กลยุทธ์ -ไม่ต้องระบุ-

2. นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

ยุทธศาสตร์ ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 1 : เร่งส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายและสนองตอบต่อประเด็นเร่งด่วนตามยุทธศาสตร์และแผนพัฒนาประเทศ และภารกิจของหน่วยงาน โดยรัฐลงทุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

กลยุทธ์ 1.1 เร่งส่งเสริมและสนับสนุนให้หน่วยงานและนักวิจัยผลิตผลงานวิจัย องค์ความรู้ นวัตกรรม และเทคโนโลยีจากงานวิจัยในรูปแบบสหวิทยาการและบูรณาการความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน เพื่อมุ่งเป้าสนองตอบต่อเป้าหมายการพัฒนาประเทศและภารกิจของหน่วยงาน

แผนวิจัย -ไม่ต้องระบุ-

3. ยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น

ยุทธศาสตร์การวิจัยด้านการจัดการน้ำ

4. ยุทธศาสตร์ชาติ

การสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. นโยบาย/เป้าหมายของรัฐบาล

☐ ระเบียบวาระแห่งชาติ

ไม่สอดคล้อง

☐ โครงการทำหยาไทย

ไม่สอดคล้อง

☐ นโยบายรัฐบาล

8. การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา และนวัตกรรม

6. ยุทธศาสตร์ของหน่วยงาน

.....ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการดัดแปรสภาพอากาศ

การตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญาหรือสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

- ☐ ไม่มีการตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญา และ/หรือ สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง
- ☐ ตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญาแล้ว ไม่มีทรัพย์สินทางปัญญา และ/หรือ สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง
- ☐ ตรวจสอบทรัพย์สินทางปัญญาแล้ว มีทรัพย์สินทางปัญญา และ/หรือ สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

หน่วยงานร่วมลงทุน ร่วมวิจัย รับจ้างวิจัย หรือ Matching fund

ชื่อหน่วยงาน/บริษัท

ที่อยู่

เบอร์โทรศัพท์

ชื่อผู้ประสานงาน

เบอร์โทรศัพท์ผู้ประสานงาน

เบอร์โทรสารผู้ประสานงาน

อีเมลผู้ประสานงาน

การเสนอขอเสนอหรือส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ต่อแหล่งทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น

- ☐ มี ☐ ไม่มี

หน่วยงาน/สถาบันที่ยื่น

ชื่อโครงการ

ระบุความแตกต่างจากโครงการนี้

สถานะการพิจารณา

- ☐ ไม่มีการพิจารณา
- ☐ โครงการได้รับอนุมัติแล้ว
สัดส่วนทุนที่ได้รับ..... %
- ☐ โครงการอยู่ระหว่างการพิจารณา

มาตรฐานการวิจัย

- ☐ มีการใช้สัตว์ทดลอง
- ☐ มีการวิจัยในมนุษย์
- ☐ มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ
- ☐ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย**1. ผู้รับผิดชอบ**

คำนำหน้า	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนร่วม	เวลาที่ทำวิจัย (ชั่วโมง/สัปดาห์)
นาย	กำพล เกษจินดา	หัวหน้าโครงการ	50	20
นางสาว	วณิชชา พันธุ์ศรี	ผู้ร่วมวิจัย	30	10
นางสาว	มนรัตน์ บุรณะหิรัญ	ผู้ร่วมวิจัย	5	2
นาย	พิสิษฐ์ชัย เกตุเวชสุริยา	ผู้ร่วมวิจัย	5	2
นาย	ศุภชัย ชัยชุมพล	ผู้ร่วมวิจัย	5	2
นาย	สรารัฐ อาทะยะกุล	ผู้ร่วมวิจัย	5	2

2. ประเภทการวิจัย

การวิจัยประยุกต์

สาขาการวิจัยหลัก OECD

1. วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ

สาขาการวิจัยย่อย OECD

1.2 วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ : คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

ด้านการวิจัย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. สาขาวิชาการ

สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์

4. คำสำคัญ (keyword)

คำสำคัญ (TH)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ, การปฏิบัติการฝนหลวง

คำสำคัญ (EN)

Rainmaking Decision Model, Thunderstorm Identification Tracking

Analysis and Nowcasting (TITAN), Decision Support System (DSS), Weather Research and Forecasting Model (WRF Model)

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปีงบประมาณ 2552 กรมฝนหลวงและการบินเกษตร จัดทำโครงการวิจัยเรื่อง “แบบจำลองการตัดสินใจเชิงบูรณาการในการทำฝนบริเวณประเทศไทยตอนบน” โดยว่าจ้างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทำการศึกษาและวิจัย มีวัตถุประสงค์ของโครงการ คือ 1) เพื่อทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองช่วยการตัดสินใจทำฝนของงานวิจัยที่ผ่านมาของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร รวมทั้งรวบรวมข้อมูลและประสบการณ์ของนักวิชาการ จัดทำเป็นแบบจำลองช่วยการตัดสินใจทำฝนบริเวณประเทศไทยตอนบน 2) เพื่อจัดทำแบบจำลองเบื้องต้นในการช่วยการตัดสินใจในการบินปฏิบัติการ ได้แก่ ลักษณะเมฆฟิสิกส์ที่เหมาะสมในการทำฝน เป็นต้น

ผลจากการศึกษา คือ แบบจำลองการตัดสินใจเชิงบูรณาการในการทำฝนบริเวณประเทศไทยตอนบน ซึ่งประกอบด้วย 3 แบบจำลอง คือ 1) แบบจำลองความเหมาะสมของภูมิอากาศและบรรยากาศในการปฏิบัติการฝนหลวง 2) แบบจำลองความเหมาะสมในการปฏิบัติการฝนหลวงโดยประเมินสภาวะอากาศระยะสั้น 3) แบบจำลองความเหมาะสมของสภาวะอากาศระยะสั้นมากต่อการทำฝน โดยแต่ละแบบจำลองมีค่าถ่วงน้ำหนักตามระดับความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยสนับสนุนการตัดสินใจในการปฏิบัติการฝนหลวงในแต่ละวัน

ปัจจุบัน (2559) กรมฝนหลวงได้นำโปรแกรมประยุกต์ Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Nowcasting หรือ TITAN มาใช้งานในการวางแผน วิเคราะห์และประเมินผล การปฏิบัติการฝนหลวง เช่น การปฏิบัติการฝนหลวงยับยั้งพายุลูกเห็บ หรือ การปฏิบัติการฝนหลวงพายุสารดูดความชื้น เป็นต้น ซึ่งติดตามกลุ่มเมฆที่อยู่ในรัศมีเรดาร์ (240 กิโลเมตร) อย่างต่อเนื่อง (ทุก 6 นาที)

เพื่อพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวงให้มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น และสนับสนุนการนำแบบจำลองมาใช้ในการปฏิบัติการฝนหลวง จึงมีแนวความคิดในการนำโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model เป็นปัจจัยร่วมในการพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวงเดิม (พ.ศ. 2552) เพื่อปรับปรุงแบบจำลองการตัดสินใจเชิงบูรณาการในการทำฝน ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง เนื่องจากในการขึ้นปฏิบัติการฝนหลวงในแต่ละเที่ยวบิน มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อเที่ยวบินเป็นจำนวนมาก เช่น ค่าเชื้อเพลิงเครื่องบิน ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าสารฝนหลวง เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวงจึงมีความจำเป็นอย่างมาก ในการเพิ่มประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในการปฏิบัติการฝนหลวง เพื่อบรรเทาปัญหาความเดือดร้อนของประชาชน

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

ปีที่ 1

1. เพื่อสร้างแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model
2. เพื่อนำไปพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง

ปีที่ 2

1. เพื่อสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในการปฏิบัติการฝนหลวง

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ขอบเขตด้านการศึกษา

(ปีที่ 1) ศึกษา ออกแบบ วิเคราะห์และประเมินผล แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการแบบจำลองช่วยการตัดสินใจผลการวิจัยปี 2548 – ปัจจุบัน ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model ดำเนินการวิจัยโดยการวิเคราะห์ความถูกต้องของข้อมูล จัดทำสถิติเบื้องต้นของข้อมูล เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น จากนั้น จำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มข้อมูลในสภาวะอากาศในหลายรูปแบบ และนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงโอกาสความสำเร็จในการปฏิบัติการฝนหลวง

(ปีที่ 2) พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง โดยนำผลการศึกษาในปีที่ 1 มาเป็นเนื้อหาหลักในการพัฒนาระบบฯ โดยวิเคราะห์ และสร้างส่วนประกอบของระบบ คือ 1. ฐานข้อมูล โดยนำปัจจัยที่ได้จากผลการศึกษานี้ มาทำการศึกษา ออกแบบ โครงสร้าง การเชื่อมโยงตาราง และสร้างตารางข้อมูลของแต่ละปัจจัย เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกต่อการบริหารจัดการ 2. การประมวลผล โดยพัฒนาโปรแกรมดำเนินการวิเคราะห์ และประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ตามเงื่อนไขหรือสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และจัดเก็บผลการวิเคราะห์ลงฐานข้อมูล และ 3. การแสดงผล โดยศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน จาก นักวิชาการที่ปฏิบัติการฝนหลวงในแต่ละศูนย์ ของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้อง และออกแบบ จัดทำหน้าตาสารสนเทศตามต้องการของผู้ใช้งาน

2. ขอบเขตทางด้านข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ ข้อมูลพยากรณ์อากาศประจำวันของกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในภาคภูมิอากาศต่างๆ ของประเทศ ทั้งรายวันและรายคาบเวลาและข้อมูลเฉพาะกลุ่มเมฆฝนจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลผลตรวจเรดาร์วัดฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา และของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร ข้อมูลกลุ่มเมฆที่เหมาะสมต่อการทำฝนจากเครื่องบินเมฆฟิสส์และเรดาร์ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร แบบจำลองช่วยการตัดสินใจผลการวิจัยปี 2548 – ปัจจุบัน เช่นเกณฑ์ช่วยตัดสินใจ แผนการปฏิบัติการลุ่มน้ำวิกฤต การประเมินผลด้วยเรดาร์ตรวจอากาศเพื่อนำมาบูรณาการให้เป็นชุดเดียวกันที่สอดคล้องและใช้งานได้ง่าย ข้อมูลจากการ

ประมวลผลด้วยโปรแกรมประยุกต์ TITAN ข้อมูลจากการประมวลผลแบบจำลอง WRF Model และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3. ขอบเขตทางด้านพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ประเทศไทย

8. ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

1. แบบจำลองเชิงเลขความละเอียดสูง Weather Research and Forecasting (WRF) model

แบบจำลอง WRF Model สามารถอธิบายด้วยแผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

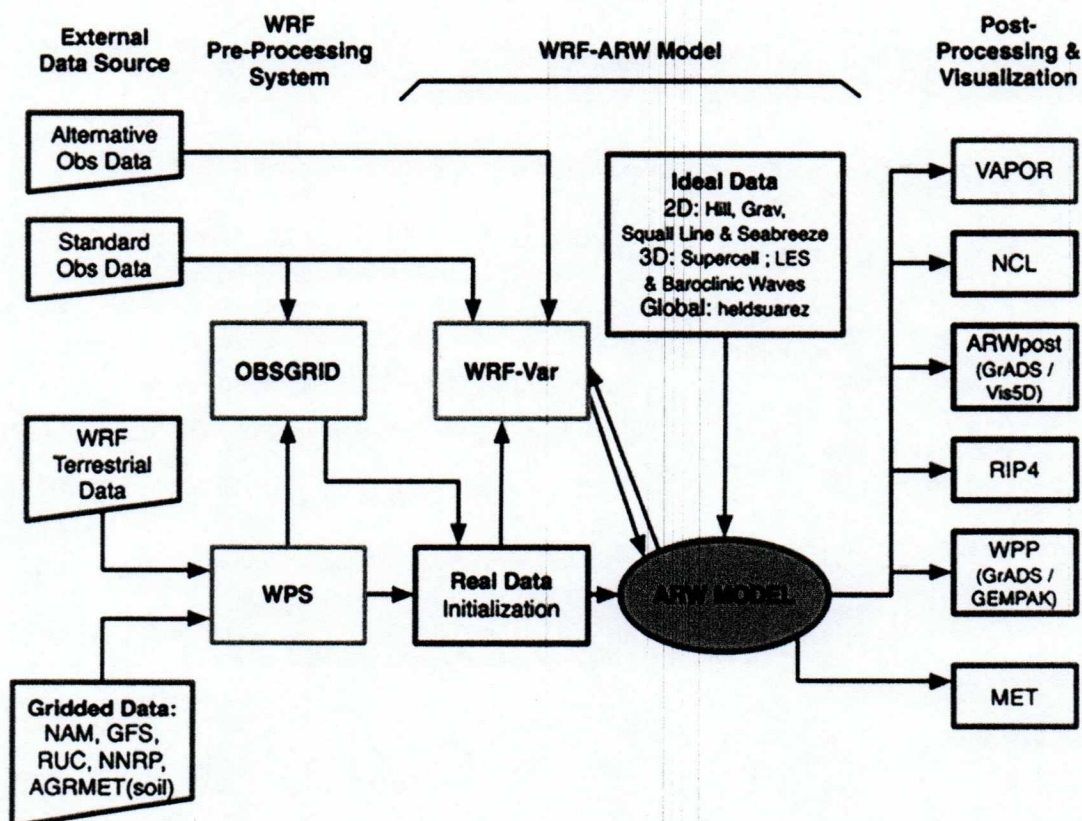
1. การนำเข้าข้อมูล (External data source) ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลความสูง ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน โดยข้อมูลที่จะนำเข้าสู่แบบจำลอง ได้แก่ ซึ่งจะต้องอยู่ในรูปแบบกริด (Grid data)

2. การเตรียมข้อมูล (WRF Pre-Processing System) โดยจะอ่านข้อมูลที่นำเข้า และประมวลผล ข้อมูลอากาศ ตามตำแหน่งแถวและคอลัมน์ในรูปแบบของตารางกริด และสร้างไฟล์ข้อมูลที่สามารถนำมาประมวล

3. การประมวลผล (WRF-ARW Model) เป็นการนำข้อมูลที่ได้รับการเตรียมข้อมูล มาทำการประมวลผลทั้งในแนวระนาบราบ และแนวระนาบตั้งเพื่อหาค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความชื้น สัมพันธ์ เป็นต้น

4. การแสดงผล (Post-Processing and visualization) เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาแสดงผล ซึ่งสามารถแสดงผลได้หลายโปรแกรม เช่น VAPOR GrADS เป็นต้น ซึ่งแต่ละโปรแกรมก็จะมีจุดเด่น ของแต่ละโปรแกรมแตกต่างกันออกไป

WRF-ARW Modeling System Flow Chart



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองเชิงเลขความละเอียดสูง WRF Model

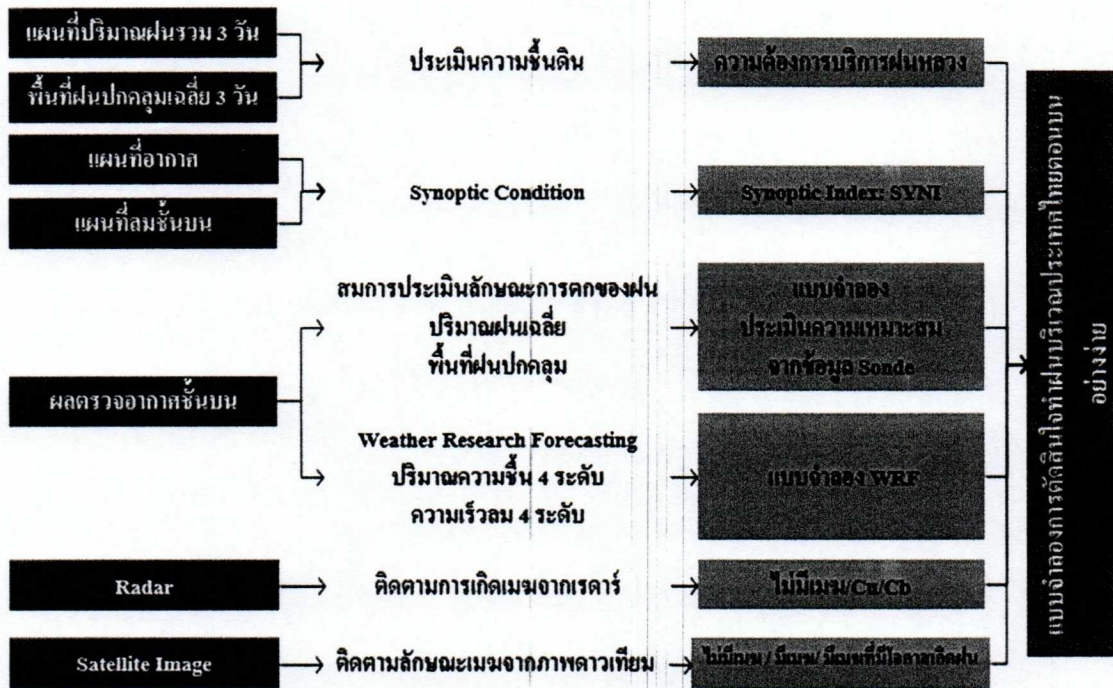
2. โปรแกรม Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Nowcasting (Titan)

โปรแกรม Titan เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการประมวลผลแฟ้มข้อมูลเรดาร์ ที่มีนามสกุล .Vol มีความสามารถในการประมวลข้อมูลเรดาร์ในเชิง 3 มิติ รูปแบบของภาพ CAPPI โดยสามารถกำหนดระดับความสูงได้ และมีความสามารถในการติดตามกลุ่มเมฆฝน รวมถึงสามารถพยากรณ์การเคลื่อนที่ และปริมาณฝนล่วงหน้าได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Titan ประกอบด้วย 8 ตัวแปร คือ 1) dbZ 2) delta_vil 3) precip_rate 4) precip_1hr 5) precip_24hr 6) max_dbz 7) vil และ 8) sss

9. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

1 แบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง บริเวณภาคประเทศไทยตอนบน

วีระศักดิ์ (2553) ได้พัฒนาระบบพยากรณ์อากาศและโอกาสความสำเร็จในการปฏิบัติการฝนหลวงกรณีศึกษา: แบบจำลองการตัดสินใจเชิงบูรณาการในการทำฝนบริเวณประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการพยากรณ์อากาศ เพิ่มเติมจากผลงานที่ผ่านมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2549 ประกอบด้วยข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบน ข้อมูลเมฆดาวเทียม ข้อมูลเมฆฟิลิกส์และปรากฏการณ์ต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อสภาวะอากาศภูมิภาค (ภาพที่ ๒) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองการตัดสินใจเชิงบูรณาการในการทำฝนบริเวณประเทศไทยตอนบน ประกอบด้วยแบบจำลองหลัก 3 แบบจำลอง คือ 1) แบบจำลองความเหมาะสมของภูมิอากาศและบรรยากาศในการปฏิบัติการฝนหลวง ประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลองการคาดการณ์ด้านความเหมาะสมของภูมิอากาศจากสภาวะอากาศในรอบเดือนของแต่ละสภาพภูมิประเทศและภูมิประเทศในรอบเดือน และแบบจำลองความเหมาะสมในการทำฝนจากสภาวะอากาศระดับภูมิภาค 2) แบบจำลองความเหมาะสมในการปฏิบัติการฝนหลวงโดยประเมินสภาวะอากาศระยะสั้น ประกอบด้วย 5 แบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลองจากสภาวะอากาศระดับทวีป แบบจำลองการวิจัยเพื่อพยากรณ์สภาวะอากาศแบบจำลองการตรวจอากาศชั้นบน โดยวิธีสมการถดถอย แบบจำลองการตรวจอากาศชั้นบน โดยวิธีค่าจำกัดของตัวแปร และแบบจำลองการคาดการณ์สภาวะอากาศระยะยาวที่มีอิทธิพลต่อความต้องการปริมาณฝนจากเรดาร์ 3) แบบจำลองความเหมาะสมของสภาวะอากาศระยะสั้นมากต่อการทำฝน ประกอบด้วย 3 แบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลองจากเรดาร์ แบบจำลองพยากรณ์อากาศระยะสั้นมากจากข้อมูลดาวเทียม และแบบจำลองความเหมาะสมในการทำฝนจากการสังเกตการณ์บนเครื่องบินทำฝน เพื่อกำหนดค่าความเหมาะสมของสภาวะอากาศที่ระยะเวลาต่างกันให้มีค่าถ่วงน้ำหนักที่ต่างกันคือ ระยะยาว ระยะสั้น และระยะสั้นมาก ค่าถ่วงน้ำหนักเป็น 3, 4 และ 3 ตามลำดับ และคำนวณเป็นค่าร้อยละ และนำมาเปรียบเทียบกับ แบบจำลองประเมินความต้องการการบริการฝนหลวง ประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อย ได้แก่ แบบจำลองการประเมินความต้องการน้ำของพืช และแบบจำลองการคาดการณ์สภาวะอากาศระยะยาวที่มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำฝน โดยสามารถสรุปผลการตัดสินใจออกเป็น 4 ประการ คือ ไม่ควรปฏิบัติการฝนหลวง ควรพิจารณาสภาวะอากาศช่วงเที่ยง ควรพิจารณาสภาวะอากาศช่วงสาย และควรปฏิบัติการฝนหลวง จากการทดสอบแบบจำลองเกณฑ์การตัดสินใจเชิงบูรณาการในการปฏิบัติการเพิ่มเติมน้ำฝนบริเวณประเทศไทยตอนบน โดยใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับแบบจำลองเกณฑ์การตัดสินใจเดิมที่เคยดำเนินการมาแล้วเมื่อปี พ.ศ. 2550 พบว่า แบบจำลองเชิงปฏิบัติการให้การตัดสินใจได้สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงมากกว่าแบบจำลองที่เคยจัดทำมาแล้ว เมื่อคิดเป็นร้อยละของความสอดคล้องกันระหว่างผลที่ได้จากแบบจำลองเชิงบูรณาการกับฝนที่ตกจริง และแบบจำลองเดิมกับปริมาณฝนที่ตกจริง พบว่า แบบจำลองเชิงบูรณาการมีความสอดคล้องกับฝนที่ตกจริงมากกว่าแบบจำลองที่เคยจัดทำมาแล้ว



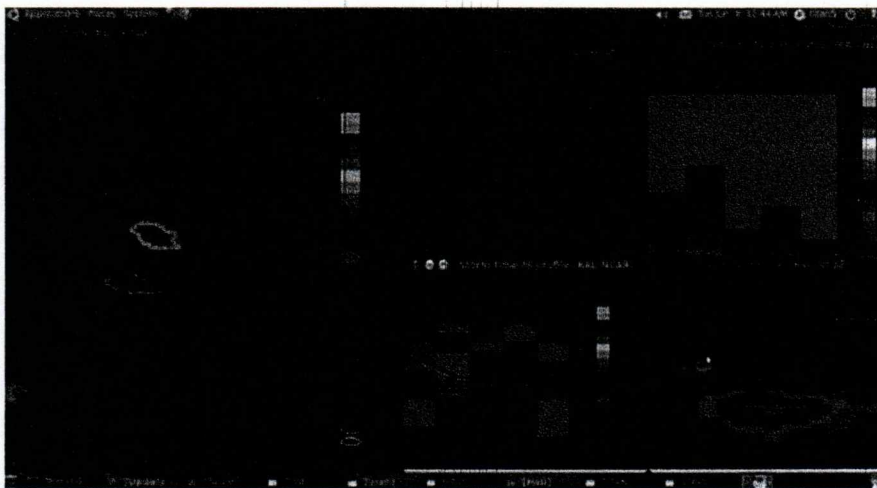
ภาพที่ ๒ แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการตัดสินใจทำฝนบริเวณประเทศไทยตอนบน อย่างง่าย โดยเพิ่มการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการพยากรณ์อากาศ

๒. การประยุกต์และใช้งาน TITAN กับ การปฏิบัติการฝนหลวง

ปี ๒๕๕๘ กรมฝนหลวงและการบินเกษตรร่วมกับศูนย์บรรเทาสาธารณภัย กองทัพอากาศ ได้ปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อยับยั้งการเกิดพายุลูกเห็บ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อยับยั้งการเกิดพายุลูกเห็บ โดยปฏิบัติการทำฝนเมฆเย็นใช้เครื่องบินเจ็ตแบบที่ ๗ (Alpha Jet) กองทัพอากาศ และประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อยับยั้งการเกิดพายุลูกเห็บ ทั้งนี้เพื่อศึกษาและเข้าใจกระบวนการทางไมโครฟิสิกส์ของการเกิดเมฆและฝน และประยุกต์ใช้ TITAN ซอฟต์แวร์ ติดตั้งที่สถานีเรดาร์ฝนหลวง อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้ในการวางแผน และประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวง โดยใช้ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคเหนือ สนามบินกองบิน ๔๑ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นฐานปฏิบัติการ และกำหนดให้พื้นที่ทดลองอยู่ในรัศมีการตรวจวัดเรดาร์ฝนหลวง อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดเชียงใหม่ ๒๔๐ กม. กิโลเมตร เครื่องเรดาร์จะทำการตรวจวัดกลุ่มฝนทุกๆ ๖ นาที และโปรแกรมประยุกต์ TITAN ติดตามกลุ่มฝนไปพร้อมกันโดยอัตโนมัติ มีช่วงบินปฏิบัติการทำฝนเมฆเย็น ระหว่างวันที่ ๒ มีนาคม-๓๐ เมษายน ๒๕๕๘ ผลการปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อยับยั้งการเกิดพายุลูกเห็บ ด้วยการยิงฟลูออโรไฮโดรไอไดต์ (AgI) ทำฝนเมฆเย็น บริเวณยอดเมฆ (On top) โดยมีพื้นที่เป้าหมายบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดใกล้เคียง บริเวณยอดเมฆ (On-top) ระดับความสูง ๒๐,๐๐๐ - ๓๒,๐๐๐ ฟุต สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งในช่วงฤดูร้อนเดือนระหว่างวันที่ ๒ มี.ค.-๓๐ เม.ย. ๕๘ รวม ๖๐ วัน วันที่ปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นยับยั้งลูกเห็บ ๑๔ วัน (๒๒, ๒๓, ๒๕, ๒๖, ๒๗, ๒๙ มี.ค. ๕๘ และ ๗, ๑๒, ๑๖, ๒๑, ๒๓, ๒๔, ๒๕, ๒๖ เม.ย. ๕๘) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากกระแสลมตะวันตกเฉียงใต้/ลมใต้/ลมตะวันออกเฉียงใต้ ปี ๒๕๕๘ กลุ่มเมฆที่ทำฝนเมฆเย็นจำนวน ๒๔ กลุ่ม

รัชนิวรรณ (๒๕๕๘) ได้ทำการศึกษาวิจัยพลุสารดูดความชื้นเสริมการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆอุ่น โดยดำเนินโครงการภายใต้ความร่วมมือด้านวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฝนหลวงกับกองทัพอากาศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลงานวิจัยพลุสารดูดความชื้นไปใช้ประโยชน์และพัฒนาการนำพลุมาใช้ร่วมกับการปฏิบัติการฝนหลวง ทั้งนี้มีการกำหนดแบบการทำฝน วางแผน ติดตามและประเมินผลด้วยเรดาร์ตรวจวัดกลุ่มฝนของสถานีเรดาร์ฝนหลวง อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดเชียงใหม่ การทำฝนเมฆอุ่นด้วยพลุสารดูดความชื้นจะทำการจุดพลุที่ระดับฐานเมฆความสูง ประมาณ ๕,๐๐๐ ฟุต จากนั้นใช้โปรแกรมประยุกต์ Remote TITAN (ภาพที่ ๓) วางแผนและวิเคราะห์กลุ่มเมฆฝนในเวลา

ปัจจุบัน และติดตามประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวง ดำเนินการเปรียบเทียบกลุ่มเมฆที่จุดพสุทธาน (Seed) กับกลุ่มเมฆธรรมชาติที่ไม่ได้จุดพสุทธาน (No-seed) ผลการปฏิบัติการวิจัยพหุศาสตร์ดูความขึ้นเสริมการปฏิบัติการฝนหลวง ตั้งแต่วันที่ ๒ มิถุนายน - ๘ กรกฎาคม ๒๕๕๘ บินทำฝนเมฆขึ้นได้รวม ๒๑ วัน ๓๓ เที่ยวบิน ชั่วโมงบินรวม ๕๑ ชั่วโมง ๒๔ นาที (รวมเวลาเดินทาง) ใช้พหุศาสตร์ดูความขึ้นสูตรแกน “โซเดียมคลอไรด์” จำนวน ๑๑๘ นิต (จาก ๑๒๕ นิต) และสูตรร้อน “แคลเซียมคลอไรด์” จำนวน ๑๐๕ นิต (จาก ๑๓๕ นิต) รวม ๒๒๓ นิต (จากทั้งหมด ๒๖๐ นิต) ปฏิบัติการกับกลุ่มเมฆเป้าหมาย ๔๑ กลุ่ม สามารถวิเคราะห์ปัจจัยตัวแปรข้อมูลเรดาร์ตรวจกลุ่มฝน เปรียบเทียบกลุ่มที่ทำฝนกับกลุ่มเมฆธรรมชาติ (ที่ไม่ได้ทำฝน) โดยสามารถคัดเลือกกลุ่มเมฆตัวอย่างได้ ๒๐ กลุ่ม ปัจจัยตัวแปรข้อมูลเรดาร์ของกลุ่มเมฆที่จุดพสุทธาน เช่น ความสูงของเมฆ (Cloud Height) เฉลี่ย ๗ กิโลเมตร, ปริมาณเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง (Vertical Integrated Liquid) เฉลี่ย ๕ กิโลกรัมต่อตารางเมตร, ความเข้มฝน (Radar Reflectivity) เฉลี่ย ๔๕ dBZ, อายุของกลุ่มฝน (Lifetime of Precipitation) เฉลี่ย ๒๖ นาที พื้นที่ฝนตก (Raining Area) ๒๔ ตารางกิโลเมตร (๑๔,๘๗๕ ไร่) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) ๙.๔ มิลลิเมตรต่อกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเมฆธรรมชาติที่ไม่ได้จุดพสุทธานจำนวน ๕ กลุ่ม ความสูงของกลุ่มเมฆเฉลี่ย ๖ กิโลเมตร (เพิ่มขึ้น ๖%), ปริมาณเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้งเฉลี่ย ๔ กิโลกรัมต่อตารางเมตร (เพิ่มขึ้น ๒๐%), ความเข้มฝนเฉลี่ย ๔๓ dBZ (เพิ่มขึ้น ๕%), อายุเฉลี่ยของกลุ่มฝน ๑๖ นาที (เพิ่มขึ้น ๔๑%), พื้นที่ฝนตก ๑๓ ตารางกิโลเมตร (๗,๙๕๐ ไร่) (เพิ่มขึ้น ๔๗%) และปริมาณน้ำฝน ๕.๑ มิลลิเมตร (เพิ่มขึ้น ๔๕%) ต่อกลุ่ม หน่วยวิจัยพหุศาสตร์ดูความขึ้นปรับเปลี่ยนมาเป็นการปฏิบัติการฝนหลวงควบคู่ไปกับการวิจัย มีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการทำฝนหลวงทั้งหมด ๖๓๑ ตารางกิโลเมตร (๓๙๔,๑๒๕ ไร่) และมีฝนตกเล็กน้อย - ปานกลาง (ตั้งแต่ ๑.๒-๒๘.๗ มิลลิเมตร) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อกลุ่ม ๙.๒ มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่บริเวณ อ. ปาย จ. แม่ฮ่องสอน, อ.หางดง อ.ฮอด อ.สะเมิง อ.แม่แจ่ม อ.แม่ว้าง อ.ดอยสะเก็ด ดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่, อ.บ้านโฮ้ง อ.ทุ่งหัวช้าง อ.ลี้ อ.แม่ทา จ.ลำพูน, อ. สบปราบ อ.เมืองปาน อ.แจ้ห่ม อ.วังเหนือ อ.เถิน อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง, อ.เมือง จ.พะเยา และ อ. เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย



ภาพที่ ๓ การติดตามกลุ่มฝนด้วยโปรแกรมประยุกต์ TITAN เพื่อประกอบการวางแผน การวิเคราะห์ และการประเมินผล โครงการความร่วมมือ วิจัยพหุศาสตร์ดูความขึ้น ประจำปี ๒๕๕๘

๓. แบบจำลอง Weather Research Forecasting Model (WRF)

แบบจำลอง WRF เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการวิจัยและใช้ปฏิบัติงานจริงด้านการพยากรณ์อากาศ โดยดำเนินการร่วมมือระหว่างหน่วยงานหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในสหรัฐอเมริกา เช่น National Center for Atmospheric Research (NCAR), National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Forecast System Laboratory (FSL), Center for Analysis and Prediction of Storms (CAPS), และ Air Force Weather Analysis (AFWA) แบบจำลองนี้ความสามารถพยากรณ์อากาศเฉพาะพื้นที่ จนถึงระดับทวีป และมีความ

ทันสมัยมากที่สุดแบบจำลองหนึ่ง โดยได้มีการนำแบบจำลองนี้ไปใช้อย่างกว้างขวางทั่วโลก ทั้งเพื่อการวิจัยและการปฏิบัติงานจริง

ได้มีการใช้แบบจำลอง WRF จำลองสภาพอากาศในฤดูหนาวของสหรัฐอเมริกาตะวันตกในช่วงเวลา ๖ เดือน ระหว่างเดือนตุลาคม ๒๕๓๓ – มีนาคม ๒๕๓๔ โดยใช้รายละเอียดตามแนวราบ (horizontal resolution) ๓๐ กิโลเมตร โดยมีจุดพิกัด (grid point) จำนวน 125×150 จุด และแบ่งบรรยากาศออกเป็น ๓๑ ระดับ และใช้ข้อมูลเริ่มต้น (initial condition) และข้อมูลขอบ (boundary condition) จาก NCEP-NCAR Reanalysis ผลการวิจัยพบว่าโดยแบบจำลองให้รูปแบบของฝนที่สอดคล้องกับความเป็นจริง แต่ให้ปริมาณฝนมากกว่าความเป็นจริง ในส่วนของอุณหภูมินั้นโดยทั่วไปแบบจำลองให้ผลที่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งในด้านรูปแบบและค่าอุณหภูมิ (Done, J. M. et al., ๒๐๐๔)

นอกจากนี้ยังได้มีการทดสอบแบบจำลอง WRF ในการคาดการณ์ฝนฤดูร้อนในตอนกลางของสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วมระหว่างเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๖ โดยใช้รายละเอียดตามแนวราบ ๓๐ กิโลเมตร โดยมีจุดพิกัดจำนวน 200×150 จุด แบ่งบรรยากาศออกเป็น ๓๑ ระดับ และใช้ข้อมูลเริ่มต้นและข้อมูลขอบจาก NCEP-NCAR Reanalysis พบว่าปริมาณฝนจากแบบจำลองต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งอาจมีสาเหตุจากตัวแปรเสริมยังไม่เหมาะสม (Done, J. M. et al., ๒๐๐๕)

ในส่วนของประสิทธิภาพของแบบจำลองในการพยากรณ์ฝนเนื่องจากอิทธิพลของภูเขานั้น ได้มีการเปรียบเทียบการคาดการณ์ฝนที่เกิดจากอิทธิพลของภูเขาด้วยแบบจำลอง WRF ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกัน การทดลองแรกใช้แบบจำลอง WRF ซึ่งมีรายละเอียด ๑๕ กิโลเมตร และข้อมูลเริ่มต้นจาก NCEP/DOE Reanalysis ศึกษาสภาพอากาศระหว่าง พ.ศ. ๒๕๓๗-๒๕๔๒ การทดลองที่สองใช้รายละเอียด ๕ กิโลเมตร ศึกษาสภาพอากาศระหว่าง พ.ศ. ๒๕๓๑-๒๕๓๖ พบว่าแบบจำลอง WRF ให้ผลการคาดการณ์ในภาพรวมที่เชื่อถือได้ และแบบจำลองที่มีรายละเอียดสูงจะให้ผลดีกว่า

แบบจำลองที่มีรายละเอียดต่ำ แต่สำหรับบางพื้นที่แบบจำลองรายละเอียดสูงจะให้ปริมาณฝนที่สูงกว่าความเป็นจริงมากกว่าแบบจำลองที่มีรายละเอียดต่ำกว่า นอกจากนี้แบบจำลอง WRF โดยการยังคาดการณ์การผันแปรของฝนรายฤดูและรายปีได้ด้วย (Leung, L. R. et al., ๒๐๐๖a)

แบบจำลอง WRF ได้ใช้ในการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันในฤดูร้อนของปี พ.ศ. ๒๕๓๔ และ พ.ศ. ๒๕๔๑ โดยมีรายละเอียดของแบบจำลองเป็น ๓๐ กิโลเมตร จำนวนจุดพิกัด 73×91 จุด และแบ่งบรรยากาศเป็น ๓๑ ระดับ ใช้ข้อมูลเริ่มต้นและข้อมูลขอบจาก NCEP/NCAR Reanalysis โดยในแต่ละกรณีศึกษาใช้ผลจากแบบจำลองในช่วง ๔ เดือนระหว่างเดือนพฤษภาคม – สิงหาคม พบว่าแบบจำลองสามารถให้รูปแบบในเชิงพื้นที่ (spatial pattern) และการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา (temporal evolution) ที่สำคัญของฝนฤดูร้อนได้ดี (Liu, S. et al., ๒๐๐๖a) และยังได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้แบบจำลอง WRF จำลองเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันในฤดูร้อนของปี พ.ศ. ๒๕๔๑ โดยศึกษาผลของการกำหนดตัวแปรเสริมสำหรับเมฆที่เกิดจากการพาความร้อน (convective parameterization) สองวิธี คือวิธีของ Kain-Fritsch และวิธีของ Grell-Devenyi พบว่าทั้งสองวิธีสามารถแสดงลักษณะที่สำคัญและการกระจายในเชิงพื้นที่ของการผันแปรรายวันของฝนได้ถูกต้อง แต่มีความแตกต่างกันคือวิธีของ Kain-Fritsch ให้รูปแบบของฝนที่ถูกต้องมากกว่าแต่ให้ปริมาณฝนที่มากกว่าความเป็นจริง ส่วนวิธีของ Grell-Devenyi ให้ปริมาณฝนที่ต่ำกว่าความเป็นจริง (Liu, S. et al., ๒๐๐๖b)

สำหรับการประเมินความสามารถของแบบจำลอง WRF ในการคาดการณ์สภาพอากาศในช่วงเวลานานนั้น ได้มีการทดสอบการคาดการณ์สภาพอากาศของทวีปอเมริกาเหนือในช่วง ๕ ปี ระหว่าง พ.ศ. ๒๕๔๓-๒๕๔๗ โดยการพยากรณ์ที่แตกต่างกันสองวิธี วิธีแรกพยากรณ์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา ๕ ปี โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้น (initial condition)

เพียงครั้งเดียว วิธีที่สองพยากรณ์เป็นรายสัปดาห์จนครบ ๕ ปี โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นใหม่ทุกสัปดาห์ พบว่าการพยากรณ์เป็นรายสัปดาห์ให้ผลการคาดการณ์อุณหภูมิที่ถูกต้องมากกว่า (Lo, J. C. et al., ๒๐๐๗)

ในส่วนของการผลจากการกำหนดตัวแปรเสริมสำหรับเมฆที่เกิดจากการพาความร้อน ๓ วิธีคือ Betts-Miller-Janjic, Kain-Fritsch, และ Grell นั้น ได้เคยมีการศึกษาโดยใช้แบบจำลอง MM๕ (ซึ่งเป็นต้นแบบของแบบจำลอง WRF) จำลองสถานการณ์มรสุมของทวีปอเมริกาเหนือระหว่าง ๑๕ พฤษภาคม – ๒ สิงหาคม ๒๕๓๕ พบว่าการกำหนดตัวแปรเสริมดังกล่าวให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมาทั้งในส่วนของการฝนและตัวแปรทางภูมิอากาศอื่น ๆ โดยการกำหนดตัวแปรเสริมแต่ละวิธีต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย (Cochis, D. J., et al., ๒๐๐๒)

10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

นิตยา เลาหะจินดา, วีระศักดิ์ อุดมโชค, อรรณพ หอมจันทร์, กิตติพันธุ์ เตชะกิตติโรจน์, วิรัช วงศ์ไพบูลย์, วุฒิกร ตรีวิทยานนท์, พงศกร จิวาภรณ์คุปต์, ประหยัด นันทศิลป์, พูลศิริ ชูชีพ, กรองจิต เกษจินดา และปิยะมาศ อ่วยวัฒน์พงษ์, ๒๕๕๑. การพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤต กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ อังสุรัตน์ และ สมมาตร แดงใจ. ๒๕๓๙. ลักษณะเมฆที่ก่อตัวจากการพาความร้อนในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเพลอร์เรดาร์. รายงานการวิจัย สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร, กรุงเทพฯ. ๗๒ น.

พรพรรณ ดุลยกาญจน์. ๒๕๕๑. การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบเรดาร์สำรวจชั้นบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. ๗๑น.

วีระศักดิ์ อุดมโชค, นิตยา เลาหะจินดา, อรรณพ หอมจันทร์, กิตติพันธุ์ เตชะกิตติโรจน์, วิรัช วงศ์ไพบูลย์, วุฒิกร ตรีวิทยานนท์, พงศกร จิวาภรณ์คุปต์, ประหยัด นันทศิลป์, พูลศิริ ชูชีพ, กรองจิต เกษจินดา และปิยะมาศ อ่วยวัฒน์พงษ์, ๒๕๕๐. การพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤต กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Done, J. M., Leung, L. R., Davis, C. A. and Kuo, B. ๒๐๐๔. *Reginal Climate Simulation Using the WRF Model*. The ๕th WRF / ๑๔th MM๕ Users' Workshop NCAR, June ๒๒-๒๕, ๒๐๐๔.

Done, J. M., Leung, L. R., Davis, C. A., and Kuo, B. ๒๐๐๕. *Simulation of Warm Rainfall Using WRF Regional Climate Model*. The ๖th WRF / ๑๕th MM๕ Users' Workshop, National Center for Atmospheric Research, June ๒๗-๓๐, ๒๐๐๕.

Doviak, R. J., and D. S. Zrnic. ๑๙๙๒: *Doppler Radar and Weather Observations*. ๒nd ed. Academic Press, ๕๖๒ pp.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ปีที่ 1 แบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model

ปีที่ 2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง

การนำไปใช้ประโยชน์ในด้าน

- ด้านวิชาการ
- ด้านนโยบาย
- ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์/อุตสาหกรรม
- ด้านสังคมและชุมชน

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร

หน่วยงานราชการ / สถาบันการศึกษา

นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

1. นำเสนอศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้
2. ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติ และนานาชาติ

13. วิธีการดำเนินการวิจัย

13.1 ศึกษา รวบรวม ทบทวน เอกสาร รายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

รวบรวม ทบทวน เอกสาร รายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการพัฒนาการปฏิบัติการฝนหลวง ของกรมฝนหลวงจำนวน 5 โครงการ และ 1 เอกสารวิชาการ ดังนี้

1. การวิเคราะห์เกณฑ์การตัดสินใจในการปฏิบัติการเพิ่มเติมน้ำฝนเพื่อการทำฝนให้แก่ผู้ใช้น้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทยตอนบน ปี พ.ศ. 2549 ดำเนินการโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพร่วมกับสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร
2. การพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤต กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำภาคตะวันออก ปี พ.ศ. 2550 ดำเนินการโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร
3. การพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤต กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี พ.ศ. 2551 ดำเนินการโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร
4. โครงการพัฒนาระบบพยากรณ์อากาศและโอกาสความสำเร็จในการปฏิบัติการฝนหลวงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี พ.ศ. 2552 ดำเนินการโดยภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร
5. การพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤต กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำภาคกลาง ปี พ.ศ. 2552 ดำเนินการโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร

6. เอกสารวิชาการเรื่อง การออกแบบและการพัฒนาเกณฑ์ช่วยการตัดสินใจในการทำฝนช่วยเหลือเกษตรกรและผู้ใช้น้ำบริเวณประเทศไทยตอนบน ปี พ.ศ. 2551 ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร

13.2 รวบรวม เพิ่มเติม ปรับปรุงข้อมูลพื้นฐานของงานวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึงปัจจุบัน มีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลแผนที่อากาศ การพยากรณ์อากาศ และสภาวะอากาศ (Weather situation) ประจำวันจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกองทัพอากาศ
2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยาและหน่วยงานราชการอื่นๆ

3. ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบน (Upper Air Observation data) ใช้ข้อมูลตั้งแต่ระดับผิวพื้นไปสู่ชั้นบรรยากาศที่ระดับความสูงไม่เกิน 10 กิโลเมตร คลอบคลุมข้อมูล 5 ประเภทการตรวจวัด คือ ความกดอากาศ (Pressure) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ทิศทาง(Wind direction) และความเร็วลม(Wind speed) ของทุกสถานีของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร และกรมอุตุนิยมวิทยา

4. ข้อมูลตรวจสภาพอากาศด้วยเครื่องรับส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความยาวคลื่นสั้น (Microwave Radiometer Profilers: MWRPs) ทั้งหมด 5 สถานี คือ สถานีเรดาร์ฝนหลวงอมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ สถานีเรดาร์ฝนหลวงตากลี จังหวัดนครสวรรค์ สถานีเรดาร์ฝนหลวงพิมาย จังหวัดนครราชสีมา สถานีเรดาร์ฝนหลวงสัตหีบ จังหวัดระยอง และสถานีเรดาร์ฝนหลวงพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

5. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IR และ VIS จากดาวเทียม Himawari หรือ ศูนย์ DVB-S หรือ ศูนย์บริการวิชาการและเผยแพร่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาด้วยระบบ DVB-S

6. ข้อมูลการประเมินพืชหลักของอำเภอ โดยการตรวจสอบของอาสาสมัครฝนหลวง ประจำอำเภอ หรือตำบล

7. ข้อมูลค่าดัชนี Madden Julian oscillation (MJO) เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึง ปัจจุบัน แสดงถึงข้อมูลแถบตามเส้นเวลาของโลก โดยแต่ละแถบมีศักยภาพให้โอกาสเกิดการยกตัวของอากาศจนมีฝนเกิดขึ้นในปริมาณแตกต่างกัน ข้อมูลค่าดัชนี MJO รวบรวมได้จากเว็บไซต์ <http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/>

8. ข้อมูลค่าดัชนี Dipole mode index (DMI) เป็นค่าความแตกต่างทางบวก (Warming) จากค่าปกติของอุณหภูมิน้ำทะเลในเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดียด้านตะวันตก (ใกล้ฝั่งแอฟริกา) กับค่าแตกต่างทางลบ (Cooling) ของอุณหภูมิน้ำทะเลในเขตร้อนของมหาสมุทรอินเดียด้านตะวันออก ข้อมูลค่าดัชนี DMI รวบรวมได้จากเว็บไซต์ <http://xoomer.virgilio.it/meteopsn/DMI.txt>

9. ข้อมูลค่าดัชนี Multivariate ENSO index ข้อมูลค่าดัชนี MEI รวบรวมได้จากเว็บไซต์ <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/mei.data>

10. ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ (radar data) ใช้ข้อมูลจากเครื่องเรดาร์ตรวจอากาศที่อยู่ในรูปแบบนามสกุล .vol หรืออยู่ในรูปแบบ .mdv รวบรวมจากสถานีเรดาร์กรมฝนหลวงและการบินเกษตร จำนวน 5 สถานี คือ สถานีเรดาร์ฝนหลวงอมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ สถานีเรดาร์ฝนหลวงตากลี จังหวัดนครสวรรค์ สถานีเรดาร์ฝนหลวงพิมาย จังหวัดนครราชสีมา สถานีเรดาร์ฝนหลวงสัตหีบ จังหวัดระยอง และสถานีเรดาร์ฝนหลวงพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

11. ข้อมูลการปฏิบัติการฝนหลวงประจำวัน (Daily rainmaking operation data) ของศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวง ทั้งหมด 5 ศูนย์ คือ ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคกลาง จังหวัดนครสวรรค์ ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคตะวันออก จังหวัดระยอง และศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมถึงหน่วยปฏิบัติการฝนหลวงทุกหน่วย

12 ข้อมูลแบบจำลอง WRF Model ได้แก่ 1. ข้อมูลสภาพอากาศ ได้รับจากหน่วยงาน National Centers for Environmental Prediction (NCEP) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ข้อมูลสภาพอากาศดังกล่าวมีความละเอียดของข้อมูลอากาศ (Resolution) เท่ากับ 1 องศา * 1 องศา และสามารถดาวน์โหลดได้ที่ <ftp://ftprrd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/> 2. ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model : DEM) และข้อมูลข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover) หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Landuse) เลือกใช้ของหน่วยงาน United States Geological Survey หรือ USGS ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยข้อมูลที่ใช้มีชื่อว่า GTOPO30 เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดทางราบเท่ากับ 0.5 * 0.5 ฟิลิปดา หรือมี

ขนาด 1 * 1 กิโลเมตร โดยประมาณ ซึ่งอยู่ในรูปแบบของภาพราสเตอร์ (Raster format) สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.mmm.ucar.edu/wrf/src/wps_files/geog.tar.gz 3. ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งจัดทำขึ้นจากดาวเทียม MODIS ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรรอบโลก โดยเลือกใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดทางราบเท่ากับ 0.5 * 0.5 พิลิบดา หรือมีขนาด 1 * 1 กิโลเมตร สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.mmm.ucar.edu/wrf/src/wps_files/

13.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (ปีที่ 1)

1. จัดทำค่าสถิติเบื้องต้น เช่นค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentiles) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviations) ค่าสัมประสิทธิ์ของความเบี่ยงเบน (Coefficient of variation) ของข้อมูลในข้อ 13.1) และ 13.2)
2. จำแนกข้อมูลออกเป็นรายฤดู รายเดือน และกลุ่มตัวอย่างของสภาวะอากาศชนิดต่างๆ และลงข้อมูลในฐานข้อมูลของระบบภูมิสารสนเทศ (GIS)
3. ศึกษาปัจจัยความเหมาะสมในการปฏิบัติการฝนหลวง จากโปรแกรมไททัน (Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Nowcasting :Titan) โดยใช้ไฟล์ข้อมูล .mdv วิเคราะห์ค่าลักษณะทางกายภาพของกลุ่มเมฆที่เข้าเงื่อนไขการปฏิบัติการฝนหลวง และจากแบบจำลอง WRF Model
4. ศึกษาปัจจัยความเหมาะสมในการปฏิบัติการฝนหลวง จากข้อมูล MWRPs ที่วิเคราะห์ค่าดัชนีอากาศ ประจำวัน
5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะอากาศ และทดสอบค่าสถิติระหว่างข้อมูลของฝน สภาวะอากาศ อากาศชั้นบน เรดาร์วัดฝน โดยใช้สถิติวิเคราะห์ เช่น Regression analysis, t-statistic, F-statistic, Nonparametric-test และ Chi-square statistics เป็นต้น
6. การติดตามการเกิดการสะท้อนครั้งแรกของเมฆ (First echo) โดยพิจารณาว่าอยู่ในบริเวณเป้าหมายหรือใกล้เคียงกับเป้าหมาย หรือมีอยู่ในรัศมีเรดาร์ที่ใกล้พื้นที่เป้าหมาย หรือยังไม่มี first echo ในแต่ละวันนั้นๆ
7. ศึกษาสภาพเมฆฟิสิกส์จากเรดาร์ตรวจอากาศ (Weather radar) ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตรในพื้นที่ประเทศไทยตอนบนทั้งใน 5 ช่วงฤดู
8. ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบน (Upper air observation) ของสถานีภาคกลางของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร ตลอดช่วงเวลาของการทำการวิจัย เพื่อทราบลักษณะของอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมของอากาศชั้นบน ซึ่งจะนำมาประกอบการวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ของเมฆ
9. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาและหน่วยงานอื่นๆ ในช่วงเวลาทำการวิจัย เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ของเมฆกับปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ทั้งใน 5 ช่วงฤดู รวมทั้งทำการติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติเพิ่มเติมเพื่อให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด
10. ข้อมูลสภาวะอากาศ (Synoptic condition) ในภูมิภาคของประเทศไทยตลอดช่วงเวลาทำการวิจัย เพื่อนำมาประกอบในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับการทำฝนหลวงและพฤติกรรมเชิงฟิสิกส์ของเมฆ
11. พิจารณารูปแบบของเมฆจากข้อมูลดาวเทียมว่าตรงกับเกณฑ์สภาวะอากาศทั้ง 5 ชนิด ของการพยากรณ์อากาศประจำวันหรือไม่ โดยกำหนดเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ มีรูปแบบตรงกับลักษณะใน 5 รูปแบบของลักษณะอากาศ มีเมฆฝนแต่ยังไม่เข้าลักษณะใน 5 รูปแบบ และไม่มีเมฆฝนเพราะสภาวะอากาศใน 5 ลักษณะได้ลดความรุนแรงแล้ว

12. ข้อมูลจากการสังเกตการณ์บนเครื่องบิน โดยนักวิทยาศาสตร์ฝนหลวง ประกอบกับเครื่องมือวัดเมฆฟิสิกส์ (ในกรณีที่มีเครื่องมือวัดเมฆฟิสิกส์) โดยพิจารณาความคมชัดของยอดเมฆ ความแน่นของฐานเมฆ เมฆอุ่นสูงประมาณ 10,000 ฟุต เมฆเย็นสูงประมาณ 21,000 ฟุต จะเหมาะสมในการทำฝนมาก

13. วิเคราะห์ ประเมิน และจัดทำดัชนีชี้วัดของระบบพยากรณ์อากาศและโอกาสความสำเร็จ ในการปฏิบัติการฝนหลวง

14. ศึกษา ออกแบบ วิเคราะห์และประเมินผลในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ของระบบพยากรณ์อากาศและโอกาสความสำเร็จในการปฏิบัติการฝนหลวง โดยการบูรณาการแบบจำลองเกณฑ์ช่วยการตัดสินใจ โดยจำแนกเป็นรายลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยตอนบน ด้วยวิธี การวินิจฉัยแบบเชิงคัดแยก (Diagnostic discrimination) โดยอาศัยหลักการตัดสินใจแบบ โครงสร้างรากไม้ (Tree root structure)

15. เสนอแนะการพัฒนาระบบพยากรณ์อากาศจากการวิจัย

16. ทดสอบแบบจำลองจากผลการวิจัยระหว่างปี พ.ศ.2548 – ปัจจุบัน จากข้อมูลและประสบการณ์ของนักวิชาการฝนหลวง

13.4 พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ปีที่ 2)

1. ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ทำหน้าที่การจัดสรรทรัพยากรในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บริการซอฟต์แวร์ประยุกต์ โดยเลือกใช้ระบบปฏิบัติการแบบลินุกซ์(Linux) เป็นศูนย์กลางทำงานร่วมกับไลบรารีและเครื่องมืออื่น และมีลิขสิทธิ์แบบโอเพนซอร์ส(Open Source)

2. ฐานข้อมูล (Database) ทำหน้าที่บริหารจัดการข้อมูล หรือสารสนเทศที่ใช้ในโครงการวิจัย ซึ่งได้แก่ การสร้างตารางข้อมูล การลบตารางข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การส่งออกข้อมูล รวมถึงการค้นหาข้อมูล บริหารเป็นต้น โดยจะใช้โปรแกรมที่มีชื่อว่า MySQL Database server หรือ อ่านว่า “มาย-เอส-คิว-แอล” เป็นโปรแกรมแม่ข่ายในการบริหารจัดการฐานข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งมีลิขสิทธิ์แบบโอเพนซอร์ส (Open Source) สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

3. แบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Support Systems : DSS) โดยใช้ผลการศึกษาที่ได้จากปีที่ 1 มาทำการศึกษา ออกแบบ โครงสร้าง การเชื่อมโยงตาราง และสร้างตารางข้อมูลของแต่ละปัจจัย เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกต่อการบริหารจัดการ 2. การประมวลผล โดยพัฒนาโปรแกรมดำเนินการวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ตามเงื่อนไขหรือสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และจัดเก็บผลการวิเคราะห์ลงฐานข้อมูล และ 3. การแสดงผล โดยศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน จาก นักวิชาการที่ปฏิบัติการฝนหลวงในแต่ละศูนย์ ของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้อง และออกแบบ จัดทำหน้าตาสารสนเทศตามต้องการของผู้ใช้งาน

4. โปรแกรมพื้นฐานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS Software System) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยในการแสดงผลแผนที่พร้อมข้อมูลสารสนเทศ หรือส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานโดยรองรับการใช้งานผ่านระบบเครือข่ายทั้งในส่วนเครือข่ายท้องถิ่น(Local Area Network : LAN) หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีการติดตั้งระบบดังนี้

1. โปรแกรมแม่ข่ายแสดงผลเว็บไซต์ (Web Server) โดยใช้โปรแกรม Apache Web Server ซึ่งทำหน้าที่เก็บหน้าตาหลัก(Main page) และหน้าตารอง(webpage) เพื่อรอรับคำสั่งร้องขอการแสดงผลไปยังผู้ใช้งาน มีลิขสิทธิ์แบบโอเพนซอร์ส (Open Source)

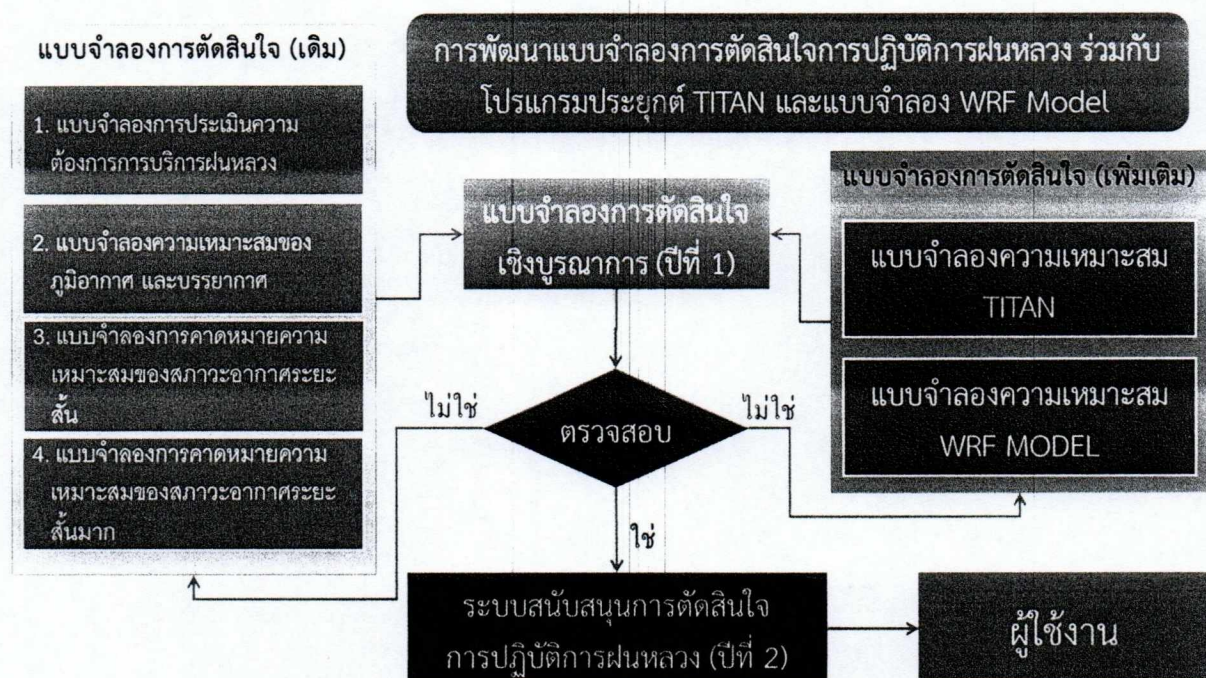
2. โปรแกรมตัวแปลภาษา PHP ทำหน้าที่เป็นภาษาใช้ในการเขียนโปรแกรมบนเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML มีลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส (Open Source)

3. โปรแกรมแม่ข่ายแสดงแผนที่ (Map server) ด้วยโปรแกรม GeoServer ทำหน้าที่แสดงผลในรูปแบบของแผนที่ รองรับการทำงานเชื่อมต่อกับโปรแกรมอื่นหลายช่องทาง มีลิขสิทธิ์แบบโอเพนซอร์ส (Open Source)

4. โมดูลจัดการแฟ้มข้อมูลประเภทรูปภาพหรือราสเตอร์ ด้วยโปรแกรม Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) เป็น โมดูลแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) ใช้จัดการอ่านและเขียนภาพ (Raster) ที่อ้างอิงกับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่ง GDAL รองรับการแฟ้มข้อมูลประเภทราสเตอร์ (Raster file) มากถึง 75 รูปแบบ

5. โมดูลจัดการแฟ้มข้อมูลประเภทเวกเตอร์ ด้วยโปรแกรม OGR เช่นเดียวกันกับ GDAL เป็นส่วนหนึ่งของ GDAL แต่ใช้กับจัดการกับไฟล์เวกเตอร์ (Vector)

ขั้นตอนการศึกษาดังกล่าว สามารถเขียนในรูปแบบแผนผัง แสดงลำดับและขั้นตอนการศึกษา การพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการศึกษา การพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model

14. ระยะเวลาการวิจัย

ระยะเวลาโครงการ 2 ปี 0 เดือน

วันที่เริ่มต้น 1 ตุลาคม 2560 วันที่สิ้นสุด 30 กันยายน 2562

สถานที่ทำการวิจัย

ในประเทศ/ ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/ จังหวัด	พื้นที่ที่ทำการวิจัย	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	กรุงเทพมหานคร	สำนักงาน	กรมฝนหลวงและการบินเกษตร
ในประเทศ	ขอนแก่น	ภาคสนาม	ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ในประเทศ	เชียงใหม่	ภาคสนาม	ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวง ภาคเหนือ
ในประเทศ	นครสวรรค์	ภาคสนาม	ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวง ภาคกลาง
ในประเทศ	ระยอง	ภาคสนาม	ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวง ภาคตะวันออก
ในประเทศ	สุราษฎร์ธานี	ภาคสนาม	ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวง ภาคใต้
ในประเทศ	นครราชสีมา	ภาคสนาม	สถานีเรดาร์ฝนหลวงพินาย

ในประเทศ/ ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/ จังหวัด	พื้นที่ที่ทําวิจัย	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	เชียงใหม่	ภาคสนาม	สถานีเรดาร์ฝนหลวงอมก๋อย
ในประเทศ	นครสวรรค์	ภาคสนาม	สถานีเรดาร์ฝนหลวงตาคลี
ในประเทศ	ระยอง	ภาคสนาม	สถานีเรดาร์ฝนหลวงสัตหีบ
ในประเทศ	สุราษฎร์ธานี	ภาคสนาม	สถานีเรดาร์ฝนหลวงพนม
ในประเทศ	ประจวบคีรีขันธ์	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ในประเทศ	ตาก	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดตาก
ในประเทศ	พิษณุโลก	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดพิษณุโลก
ในประเทศ	อุดรธานี	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดอุดรธานี
ในประเทศ	อุบลราชธานี	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดอุบลราชธานี
ในประเทศ	บุรีรัมย์	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดบุรีรัมย์
ในประเทศ	ลพบุรี	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดลพบุรี
ในประเทศ	สระแก้ว	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดสระแก้ว
ในประเทศ	จันทบุรี	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดจันทบุรี
ในประเทศ	สงขลา	ภาคสนาม	หน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จังหวัดสงขลา

แผนการดำเนินงานวิจัย

ปี	กิจกรรม	ด.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2561	1 รวบรวมข้อมูล จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	X	X										
2561	2 ตรวจเอกสาร	X	X										
2561	3 ศึกษา ปัจจัยการปฏิบัติการฝนหลวง จากโปรแกรม TITAN และแบบจำลอง WRF Model			X	X								
2561	4 ออกแบบ วิเคราะห์ และปรับปรุง แบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง					X	X	X	X				
2561	5 สอบเทียบแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง								X	X			
2561	6 ทดสอบและใช้งานแบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง									X	X		
2561	7 สรุปผลและจัดทำรายงาน											X	
2561	8 นำเสนอผลงานวิชาการ												X
2562	1 รวบรวมข้อมูล	X											
2562	2 ศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน		X										

ปี	กิจกรรม	ด.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2562	3. วิเคราะห์ ออกแบบ โครงสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง			X	X								
2562	4 จัดทำระบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง					X	X	X	X	X			
2562	5 ทดสอบการใช้งาน									X	X	X	
2562	6 สรุปผลและจัดทำรายงาน												X

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะปัจจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

ประเภท	ชื่อครุภัณฑ์/สิ่งก่อสร้าง	สถานภาพในหน่วยงาน	รายละเอียด	เหตุผลและความจำเป็น	ประมาณการราคา
ครุภัณฑ์		ไม่มี			
สิ่งก่อสร้าง		ไม่มี			

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

ปี	ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	จำนวน (บาท)
2561	งบดำเนินการ : ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทนปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ	72,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าตอบแทน	เงินรางวัลผู้ปฏิบัติงานบนอากาศยาน	180,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าเบี้ยเลี้ยงคณะวิจัย	130,320
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าที่พัก	324,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าพาหนะ	60,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	18,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการถ่ายเอกสาร / จัดทำเอกสารและคู่มือ	12,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการ เพื่อทำหน้าที่ติดตั้งและดูแลระบบฐานข้อมูล	200,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการ เพื่อทำหน้าที่ดำเนินงานข้อมูลวิทยาศาสตร์ วุฒิ ป.โท	240,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการ เพื่อทำหน้าที่ดำเนินงานข้อมูลวิทยาศาสตร์ วุฒิ ป.ตรี	216,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าวัสดุสำนักงาน	75,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	27,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าหนังสือ วารสาร และตำรา	18,000
2561	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	77,680
	รวม		1,650,000

ปี	ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	จำนวน (บาท)
2562	งบดำเนินการ : ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทนปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ	36,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าตอบแทน	เงินรางวัลผู้ปฏิบัติงานบนอากาศยาน	240,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าเบี้ยเลี้ยงคณะวิจัย	86,880
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าที่พัก	216,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าพาหนะ	40,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์	18,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการถ่ายเอกสาร จัดทำเอกสารและคู่มือ	12,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการ เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศ	800,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการ เพื่อทำหน้าที่ดำเนินงานข้อมูลวิทยาศาสตร์ วุฒิ ป.โท	240,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	ค่าจ้างเหมาบริการ เพื่อทำหน้าที่ดำเนินงานข้อมูลวิทยาศาสตร์ วุฒิ ป.ตรี	216,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าวัสดุสำนักงาน	20,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	20,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าหนังสือ วารสาร และตำรา	10,000
2562	งบดำเนินการ : ค่าวัสดุ	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	40,000
	รวม		1,994,880
	รวมตลอดโครงการ		3,644,880

หมายเหตุ : โดยค่าใช้จ่ายทุกรายการถัวจ่ายได้ไม่เกินอัตราตามที่กระทรวงการคลังกำหนด

17. ผลสำเร็จ

ปี	ผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับ	ประเภท
2561	1 แบบจำลองการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ TITAN และแบบจำลอง WRF Model ที่มีความทันสมัย	Primary Result
2562	1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการปฏิบัติการฝนหลวง	Goal Result
2562	2 เพิ่มประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในการปฏิบัติการฝนหลวง	Goal Result

18. โครงการวิจัยต่อเนื่อง (คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณจริงในงบประมาณที่ผ่านมา)

.....

.....

.....

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

20. ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย พร้อมวัน เดือน ปี

ลงชื่อ.....

(นายกำพล เกษจินดา)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่....5..... เดือนธันวาคม... พ.ศ.2559....