รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่ เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สินธุภิญโญ และคณะ

ตุลาคม 2563

รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่

เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สินธุภิญโญ และคณะ

ตุลาคม 2563

สัญญาเลขที่ SIP6230028

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ“การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่ เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ”

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ผศ.ดร.สุกรี สินธุภิญโญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. นายศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายต้า เกียรติไกรวัลศิริ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นางสาวมนัสวี บัวศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และ

แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1

คำนำ

รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” โดยศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 1 ปี (9 ก.ย. 62 - 30 ต.ค. 63) ซึ่งประกอบด้วยการดำเนินการวิจัยและพัฒนาด้านข้อมูลการพยากรณ์ฝนระยะสั้น และการพัฒนากลไกเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ ทั้งแบบการลดทอนขนาดโมเดล NWP และแบบปรับแก้ไข Machine Learning Algorithms เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการพยากรณ์ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำของประเทศ

ทางทีมวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้จะมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาคราชการ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรวมถึงประชาชนในการนำองค์ความรู้ด้านการพยากรณ์ข้อมูลฝนไปประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสม

หัวหน้าโครงการวิจัย

ตุลาคม 2563

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ“การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่ เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ”สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายทั้งในด้านบุคลากรและการสนับนุนข้อมูลในงานวิจัย ทางโครงการฯ ขอขอบคุณหน่วยงานทุกฝ่ายอันประกอบด้วย กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมฝนหลวงและการบินเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, บริษัท Envision Digital International Pte Ltd

การศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับนสนุนเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มโครงการฯ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1

ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณหน่วยงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1 มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2563

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. บทนำ

ในการศึกษา “แผนงานที่ 4 การบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผานงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ ต้นน้ำ, กลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC.) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำและลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนาและทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ 4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

การพยากรณ์ฝนมีความจำเป็นต่อระบบการจัดการทรัพยากรน้ำเพราะเป็นตัวแปรตั้งต้นของการประเมินศักยภาพน้ำ ทั้งด้านปริมาณและความสามารถในการจัดสรร รวมไปถึงการบริหารจัดการในภาวะน้ำท่วมและภัยแล้ง ที่มีความจำเป็นที่ต้องได้ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่ถูกต้องและรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเขื่อนและอ่างเก็บน้ำที่มีความอ่อนไหว จากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง, ระยะเวลาไหลเข้า, ช่วงเวลาฝนทิ้งช่วง ซึ่งกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการจัดสรรน้ำของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ และความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างทั้งสองด้วย ดังนั้นนอกจากวิธีการสร้างข้อมูลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว การนำเอาเทคโนโลยี Artificial Intelligent (AI) มาใช้สนับสนุนการพยากรณ์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพจากการประมวลผลแบบจำลองในแบบเดิมผ่านเครื่องมือ Machine Learning (ML) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเอาเทคนิคแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับเทคนิ Machine Learning เพื่อเสริมการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพ พร้อมกันนี้ยังได้ทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับโครงการวิจัยอื่นเพื่อสร้างการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยให้มากที่สุด

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาโครงสร้างที่เหมาะสมของ “ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝนเพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” ในด้าน Hardware, Software, Database และ Application ในการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างส่วนงานในโครงการ

2) รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝนที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝนเพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ เป็นการประมวลข้อมูลระดับโลก (Big Data) ที่มีตัวแปร และรูปแบบโมเดลที่เกี่ยวข้องจำนวนมากในระดับที่คอมพิวเตอร์แบบบุคคลหรือเครื่องแม่ข่ายธรรมดาไม่สามารถ ต้องใช้คอมพิวเตอร์ระดับ High Performance Computing (HPC) โดยต้องแยกข้อมูลและประมวลออกมาเป็นข้อมูลระดับพื้นที่และในระดับประเทศ ตามลำดับทั้งหมดนี้จะเป็นต้องออกแบบ “การเชื่อมโยงการทำงานระหว่างกัน” เพราะมีต้นทุนเป็นกำลังในการประมวล, เวลาในการประมวล และปริมาณการรับ-ส่งข้อมูล ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานการคาดการณ์ฝนระยะสั้นโดยตรง

นอกจากนี้ “รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝน” เพื่อสร้างแนวทางการเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงทั้งข้อมูลดาวเทียม และข้อมูลสถานีฝน เพื่อปรับปรุงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลฝน ซึ่งโดยปกติการคาดการณ์ปริมาณฝนระยะสั้น ต้องเข้ากระบวนการปกติ (กระบวนการปกติ เป็น กระบวนการที่หน่วยงานต่างๆ นิยมใช้) ที่มีขั้นตอนและใช้ระยะเวลาในการทำงาน โดยรูปแบบที่ทางโครงการพัฒนาเป็นการนำเอาแนวคิด Artificial Intelligent (AI) โดยใช้เครื่องมือ Machine Learning (ML) ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับกระบวนการปกติ และองค์ความรู้ที่ได้จะนำมาเผยแพร่การใช้ประโยชน์ผ่านการประชุม/อบรมเชิงปฏิบัติการต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

4. สรุปผลการศึกษา

แนวคิดการบริหารจัดการน้ำตัวแปรที่สำคัญ คือ สภาพและปริมาณฝนซึ่งหากสามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้าอย่างแม่นยำ และใช้เวลาในการดำเนินการที่สั้นที่สุดจะช่วยให้ การบริหารจัดการมีเวลาในการประเมินสถานการณ์และตัดสินใจโดยมีความคลาดเคลื่อนน้อย จะช่วยลดผลกระทบจากสภาพของทรัพยากรน้ำได้ ทั้งนี้การนำเอาเทคนิควิธีการสมัยใหม่มาเป็นเครื่องมือพัฒนาการพยากรณ์ฝนระยะสั้นและระยะกลางจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการทรัพยากรน้ำ ในด้านความถูกต้อง และใช้ระยะเวลาในการประมวลข้อมูลที่สั้นลง

วิธีการดำเนินงานทางโครงการใช้ข้อมูลตั้งต้นจากปี 2019 เป็นฐานในการศึกษา ซึ่งได้รับความร่วมมือจากกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมฝนหลวงและการบินเกษตร และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ เพื่อใช้ในการศึกษาและนำข้อมูล ECMWF ซึ่งเป็นข้อมูลพยากรณ์อากาศมาใช้ในการศึกษาการพยากรณ์ โดยข้อมูลจะถูกนำมาพัฒนาเป็นโมเดลการพยากรณ์ 2 รูปแบบ คือ แบบ Numerical Weather Prediction (NWP) และ แบบ Machine Learning (ML) เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ รวมถึงพัฒนากระบวนการที่ช่วยลดทอนความผิดพลาดของการพยากรณ์และทรัพยากรในการประมวลผล

การศึกษาการพยากรณ์ปริมาณฝนเพื่อพัฒนาโครงสร้างที่เหมาะสม

ในผลการศึกษา NWP ได้ค่า RMSE ของปริมาณน้ำฝน 6 ชั่วโมงต่อชั่วโมง โดยใช้การกำหนดค่าที่เหมาะสม คือ 0.5 มม. และ 9.2 มม. ตามลำดับ สำหรับฤดูแล้งและฤดูฝน ความแม่นยำอยู่ที่ 97% และ 62% ตามลำดับ การประเมินใช้การสังเกตปริมาณน้ำฝนดาวเทียมที่ความละเอียด 0.1 องศา ตามที่ตกลงในสัญญา RMSE ที่ 9.2 มม. / 6 ชม. มาจากผลลัพธ์ของโมเดล NWP แบบดิบ และของทีมงานประเทศสิงคโปร์ จะทำงานอย่างหนักในโมเดล ML เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายบรรลุความแม่นยำ 70% ตามเป้าหมาย และ RMSE ต่ำกว่า 9 มม. / 6 ชม. และจากผลการศึกษาพบว่าโมเดล ML พยายามแก้ไขลดทอนข้อมูลที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติ และจะพยายามสงวนข้อมูลฝนตกน้อยถึงระดับปกติ และเมื่อเทียบกับปริมาณฝนสถานีการใช้ Machine Learning ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนทุกสถานีมีค่าใกล้เคียงกับสถานีมากกว่าข้อมูลจาก NWP แต่หากพิจารณาจากข้อมูลรายสถานีของ Machine Learning จะพบว่าข้อมูลจะโน้มเอียงไปทาง NWP มากกว่าข้อมูลสถานี เนื่องจากเป็นต้นฉบับของข้อมูล ทั้งนี้อาจสรุปได้เบื้องต้นว่าข้อมูลการพยากรณ์จะให้คำตอบเชิงพื้นที่ได้ดีกว่ารายสถานีที่มีความอ่อนไหวของข้อมูลมากกว่า

การดำเนินงานวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการทำให้ได้พัฒนาการทำงานกับ Hardware, Software, Database และ Application ทั้งการใช้ระบบแม่ข่ายในการรวบรวมและเตรียมข้อมูลตามที่ปรากฏในรายงานบทที่ 3 การใช้ Software, Database และ Application ในการวิเคราะห์ที่ปรากฏในบทที่ 3 และบทที่ 4 เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลให้เกิดผลลัพธ์ของโครงการ

การใช้ประโยชน์ผลวิเคราะห์ข้อมูลฝน

ทางโครงการได้จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการที่เผยแพร่ผลการศึกษาให้กับหน่วยงาน ซึ่งหน่วยงานให้ความสนใจการนำเทคนิค ML ไปใช้ เนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรในการประมวลผลที่น้อยกว่า ทำให้ได้

ความคิดเห็นในการนำมาพัฒนางานวิจัย โดยเฉพาะแนวทางของการนำเอาเทคนิค ML มาใช้ในการพยากรณ์ที่เป็นแนวทางของการพยากรณ์อากาศในปัจจุบัน

นอกจากนี้ทางโครงการได้เข้าร่วมประชุมกับกลุ่มงาน CO-RUN ที่เป็นงานการศึกษาร่วมกันของกลุ่มงานวิจัยที่ 3 ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการประมาณการน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน แม้ว่าในปัจจุบันข้อมูลจากทีมงานยังไม่ได้นำเข้าไปใช้ในการทำงานในกลุ่ม แต่ทางทีมงานได้ให้ความคิดเห็นและหารือร่วมกับทีมงานพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 14 วัน ในเรื่องทคนิค ML ที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์ของกลุ่มงานได้ ทั้งนี้ในอนาคตอาจมีการศึกษาการใช้ประโยชน์กระบวนการ ML ในการต่อยอดการศึกษางานด้านการพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 14 วัน เพื่อช่วยให้การประเมินประมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างมีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น

5. ข้อเสนอแนะ

1) ควรให้หน่วยงานที่เก็บข้อมูลเพิ่มจำนวนสถานีวัดปริมาณฝนระดับพื้นที่ให้มากขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นของข้อมูลปัจจุบันถือว่าไม่เพียงพอต่อการพัฒนาการพยากรณ์เชิงพื้นที่ในอนาคต

2) ควรให้มีการจัดเก็บข้อมูลการพยากรณ์ของหน่วยงานปัจจุบันจัดเก็บข้อมูลตัวแปรอื่น เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น และความกดอากาศ ซึ่งอยู่ในโมเดลการพยากรณ์อากาศ เพราะเป็นปัจจัยที่ต้องนำมาศึกษาในการพยากรณ์ฝนระยะสั้น

3) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำเอาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลเรดาร์ในการศึกษาปริมาณฝนและการตกของฝนเชิงพื้นที่เพื่อเสริมข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัด

Executive Summary

1. Introduction

In the study of "Fourth Water Management Plan" focusing on water management as a whole, the research was carried out to promote the work of government agencies and related parties. This is because water is an important resource for national development. There are relevant departments and divisions in the Ministry and outside agencies. It is necessary to link information with each other, including studying and developing mechanisms and processes through research. The project is involved in 1) the study of water use management mechanism, water allocation, water demand, conflict management of water use between sectors and between upstream, midstream and downstream areas including between communities and communities in the Eastern Special Development Zone (Eastern Economic Corridor-EEC), which is the main strategy in the eastern region of the country. 2) The impact of saving to support the government's water supply operation and reduce the water management budget, the cost of the management work at present has not been studied in this detail. 3) Government water development program that reduces obstruction and is not accepted by the public sector. This is because projects of this type require development areas and development resources that change the use of water in areas that affect the stakeholders; and 4) investment in startups from new water-saving technologies and water efficiency assessment services that support government operations.

Rain forecasting is essential to the water resource management system because it is an early variant of water capacity assessment in both volume and allocation capacity, as well as management in floods and droughts. In particular, the management of dams and reservoirs that are sensitive to the flow of water into the basin, the inflow period, the period of rain that directly affects the water allocation capacity of dams and reservoirs, and the safety of the two buildings. Therefore, in addition to creating data

with mathematical models, the adoption of Artificial Intelligent (AI) technology to support forecasting is another way to reduce time and increase efficiency in traditional model processing through machine learning (ML) tools being developed sequentially. Therefore, this research compares modeling techniques to machine learning techniques. In order to enhance and increase efficiency, we have also experimented with data that has been linked to other research projects to maximize the utilization of research.

2. Objective

1) To develop the appropriate structure of "Rain data analysis system for planning and water management" in the field of Hardware, Software, Database and Application of working links between the project segments.

2) To develop a Large-scale Rain Data Analysis model that is useful to the relevant authorities, agencies and interested parties.

3. The implementation process

The Rain Data Analysis System for Water Management is a global data processing system with many variables and related models at a level where a human computer or a conventional server cannot. A High-performance Computing (HPC) computer is required, where data must be separated and processed into regional and national data respectively. All this has to be designed for the interconnection because cost is the processing power, processing time and throughput that directly affect the performance of short-term rain forecasts.

In addition, the “Rain data Analysis Model” to create a comparison with reference data, satellite data, and rain station information to improve the process of analyzing rain data Which is usually forecast for short-term rainfall Must be undergoing normal processes (Normal process is a process used by various departments) with a process and take time to work. The model developed by the project is the implementation of Artificial Intelligent (AI) concepts using Machine Learning (ML)

tools, which reduces the analysis time compared to normal processes. And the knowledge gained will be disseminated for use through meetings / workshops to relevant agencies and interested parties.

4. Summary of the study

Water management concept The most important parameters are conditions and precipitation, which, if can be predicted accurately in advance and the shortest time is taken, will help. Management has less time to assess the situation and make decisions. Will help reduce the impact of the condition of water resources In this regard, the introduction of modern techniques to develop short- and medium-term rain forecasting. It is one way to improve the efficiency of water resource management. In terms of accuracy and a shorter time to process information.

The project implementation method uses the original data from 2019 as the basis for the study. This received cooperation from the Meteorological Department, Royal Rainmaking Department and Agricultural Aviation and the Water Resources Informatics Institute for use in studying and applying ECMWF, weather forecast data, used in forecasting studies. The data will be developed into two forecasting models, Numerical Weather Prediction (NWP) and Machine Learning (ML), to compare results. Including developing processes that mitigate forecast errors and processing resource.

The study of rainfall forecasting to develop a suitable structure.

In the results of the NWP study, RMSE values of 6 h of precipitation per hour were used using appropriate configurations of 0.5 mm and 9.2 mm respectively for dry and wet seasons. The accuracy was 97% and 62%, respectively. The assessment used satellite rainfall observations at a resolution of 0.1 degrees as agreed in the RMSE contract of 9.2 mm / 6 hrs. It was derived from the results of the raw NWP model and the Singapore team will work hard on the ML model to achieve the final result achieving 70% accuracy on target and RMSE below 9mm / 6h, and according to the study, the ML model tries to correct the data that contains precipitation. Higher than normal And will try to reserve low rain data to normal levels And compared to station rainfall, using

Machine Learning made the average rainfall for all stations closer to station than NWP data, but considering Machine Learning station data, the data was more inclined towards NWP than the data. Station, as it is the original information. It may be preliminary to conclude that predictive data provides better spatial answers than the more sensitive stations.

Implementation of the project objectives and goals allows us to develop and work with Hardware, Software, Database and Applications including the use of a server system to collect and prepare data as shown in the report Chapter 3, Software, Database and Application usage in analysis. That appear in chapter 3 and chapter 4 to synthesize information for project results.

Utilization of rain data analysis

The project has organized a workshop that disseminates the results of the study to the departments. The agency is interested in implementing ML techniques because it consumes less processing resources. Making it possible to get opinions for research development In particular, the approach of applying ML technique in forecasting as a guideline for current weather forecasting.

In addition, the project has attended a meeting with the CO-RUN, a joint study of the third research group on the estimate of runoff into the dam. Although at present, information from the team has not yet been used in working in the group. But the team gave opinions and discussed with the team for forecasting the precipitation 14 days in advance about the ML technique that can be useful for the forecasting of the group. In the future, the utilization of the ML process may be studied in an extension of the 14-day precipitation forecasting study to further advance the assessment of runoff estimates.

5. Recommendations

1) The data collection agency should increase the number of local rainfall measurement stations as the current data density is insufficient for future spatial forecast development.

2) The forecast data of the current agency should be stored and other variables such as temperature, humidity and air pressure should be stored. This is in the weather forecasting model because it is a factor that must be studied in forecasting short-term rain.

3) Further studies should be conducted on the use of satellite imagery and radar data. In the study of rainfall and spatial precipitation in order to supplement the rainfall data from the measurement stations.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : SIP6230028

ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่ เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

ชื่อนักวิจัย :

ผศ.ดร.สุกรี สินธุภิญโญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายต้า เกียรติไกรวัลศิริ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางสาวมนัสวี บัวศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาโครงการ : 9 กันยายน 2562 – 30 ตุลาคม 2563

คำสำคัญ : ระบบประมวลและการวิเคราะห์ข้อมูลฝน, การบริหารจัดการน้ำ, ระบบสารสนเทศ

ในการศึกษา “แผนงานที่ 4 การบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพรวมที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผ่านงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ ต้นน้ำ, กลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC.) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำและลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุนที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนา และทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ 4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

การพยากรณ์ฝนมีความจำเป็นต่อระบบการจัดการทรัพยากรน้ำเพราะเป็นตัวแปรตั้งต้นของการประเมินศักยภาพน้ำ ทั้งด้านปริมาณและความสามารถในการจัดสรร รวมไปถึงการบริหารจัดการในภาวะน้ำท่วมและภัยแล้ง ที่มีความจำเป็นที่ต้องได้ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่ถูกต้องและรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเขื่อนและอ่างเก็บน้ำที่มีความอ่อนไหว จากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง, ระยะเวลาไหลเข้า, ช่วงเวลาฝนทิ้งช่วง ซึ่งกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการจัดสรรน้ำของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ และความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างทั้งสองด้วย ดังนั้นนอกจากวิธีการสร้างข้อมูลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว การนำเอาเทคโนโลยี Artificial Intelligent (AI) มาใช้สนับสนุนการพยากรณ์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพจากการประมวลผลแบบจำลองในแบบเดิมผ่านเครื่องมือ Machine Learning (ML) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเอาเทคนิคแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับเทคนิค Machine Learning เพื่อเสริมการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพ พร้อมกันนี้ยังได้ทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับโครงการวิจัยอื่นเพื่อสร้างการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยให้มากที่สุด

Abstract

Project Code: SIP6230028

Project Title: Development of large-scale rain data analysis system for water management planning

Researcher Name:

Asst. Prof. Sukree Sinthupinyo, Ph.D. Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Assoc. Prof. Dr.-Ing Paisan Santithamnont Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Sak Sakulthai Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Ta Kiatkraiwansiri Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Manasawee Bousri Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Project Period : 9th September 9, 2019 – 30th October 2020

Keywords: Rain Information Processing and Analysis System, Water Management, Information Systems, Water resources management information system

In the study of "Fourth Water Management Plan" focusing on water management as a whole, the research was carried out to promote the work of government agencies and related parties. This is because water is an important resource for national development. There are relevant departments and divisions in the Ministry and outside agencies. It is necessary to link information with each other, including studying and developing mechanisms and processes through research. The project is involved in 1) the study of water use management mechanism, water allocation, water demand, conflict management of water use between sectors and between upstream, midstream and downstream areas including between communities and communities in the Eastern Special Development Zone (Eastern Economic Corridor-EEC), which is the main strategy in the eastern region of the country. 2) The impact of saving to support the government's water supply operation and reduce the water management budget, the cost of the

management work at present has not been studied in this detail. 3) Government water development program that reduces obstruction and is not accepted by the public sector. This is because projects of this type require development areas and development resources that change the use of water in areas that affect the stakeholders; and 4) investment in startups from new water-saving technologies and water efficiency assessment services that support government operations.

Rain forecasting is essential to the water resource management system because it is an early variant of water capacity assessment in both volume and allocation capacity, as well as management in floods and droughts. In particular, the management of dams and reservoirs that are sensitive to the flow of water into the basin, the inflow period, the period of rain that directly affects the water allocation capacity of dams and reservoirs, and the safety of the two structures. Therefore, in addition to creating data with mathematical models, the adoption of Artificial Intelligent (AI) technology to support forecasting is another way to reduce time and increase efficiency in traditional model processing through machine learning (ML) tools being developed sequentially. Therefore, this research compares modeling techniques to machine learning techniques. In order to enhance and increase efficiency, we have also experimented with data that has been linked to other research projects to maximize the utilization of research.

สารบัญ

หน้า

รายชื่อคณะวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง

คำนำ

กิตติกรรมประกาศ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary

บทคัดย่อไทย

Abstract

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ

1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
1.2	แนวคิดและเป้าหมาย	1-2
1.3	วัตถุประสงค์	1-2
1.4	ขอบเขตโครงการ	1-3
1.5	ระเบียบวิธีวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน	1-3
1.6	กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1	1-13
1.7	เนื้อหารายงาน	1-13

บทที่ 2 อุตุนิยมวิทยาเพื่อการเกษตร

2.1	อุตุนิยมวิทยา	2-1
2.2	รังสีดวงอาทิตย์	2-6
2.3	อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดิน	2-9
2.4	ความชื้นในบรรยากาศและในดิน	2-12
2.5	การระเหย	2-13
2.6	น้ำฟ้า	2-16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7	ลม	2-16
บทที่ 3	**การเตรียมข้อมูล**	
3.1	ข้อมูลสถิติของปริมาณฝน	3-1
3.2	ทดสอบความเร็วในการดึงข้อมูลจาก server ของ envision ผ่าน sftp	3-3
3.3	สร้างข้อมูลเทียมเพื่อใช้ในการทดลองโปรแกรมอ่านข้อมูล	3-4
3.4	ทดลองอ่านข้อมูล	3-5
3.5	การใช้ Machine Learning สำหรับการพยากรณ์ฝน	3-6
บทที่ 4	**ผลการศึกษา**	
4.1	ภาพรวมของความคืบหน้าโครงการ	4-1
4.2	การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งแรก	4-2
4.3	การปรับรุ่น NWP	4-3
4.4	การทำงานของทีมวิจัยประเทศสิงคโปร์	4-7
4.5	การพัฒนาการศึกษาของทีมวิจัยไทย	4-8
บทที่ 5	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	
5.1	บทสรุป	5-1
5.2	ข้อเสนอแนะ	5-2
5.3	ปัญหาและอุปสรรค	5-3

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ก บันทึกการประชุม

ข คำอธิบายการกำหนดรุ่น NWP

ค การวิเคราะห์ของ RAINFALL ในภูมิภาคที่แตกต่างกัน

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.5-1	Forecast Weather การพยากรณ์ฝน	1-4
1.5-2	ระบบวิเคราะห์ AI ของ EnWeather	1-5
1.5-3	แนวคิดการพยากรณ์อากาศจากอดีตถึงปัจจุบัน	1-6
1.5-4	แนวคิดการพยากรณ์ลงสู่พื้นที่เฉพาะจุด	1-7
1.5-5	แนวคิดในการเชื่อมโยงแบบจำลอง, Machine Learning และงานวิจัย	1-12
3.1-1	การบันทึกข้อมูลราย 3 ชั่วโมง	3-1
3.1-2	ชุดข้อมูลประมาณค่าฝนจากดาวเทียม	3-2
3.1-3	หน้าเว็บไซต์ AWS	3-2
3.1-4	ตัวอย่างข้อมูลเว็บไซต์ AWS	3-3
3.3-1	ขอบเขตการศึกษาประเทศไทย	3-5
3.5-1	ตัวอย่างการใช้ Convolution Neural Network เพื่อเพิ่มความละเอียดรูปภาพ	3-6
3.5-2	ตัวอย่างข้อมูลรูปภาพในรูปแบบ Array 3 มิติ	3-6
3.5-3	ตัวอย่างการ Preprocess ข้อมูลณ.เวลาใดๆ ให้อยู่ในรูปแบบ Array 3 มิติ	3-7
3.5-4	ตัวอย่างการ Preprocess ข้อมูลณ.เวลาใดๆ ให้อยู่ในรูปแบบ Array 2 มิติ	3-7
3.5-5	ตำแหน่งสถานีอุตุนิยมวิทยา	3-8
3.5-6	ตัวอย่างจัดกลุ่มการพยาการณ์ปริมาณฝน 3 ชั่วโมงเข้าด้วยกันและคำนวนปริมาณฝนที่ตกบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา	3-8
3.5-7	อธิบายการทำงานของ Model เพื่อคำนวนหาปริมาณฝนที่ตกบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา	3-8
3.5-8	การจัดการข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศ	3-9
3.5-9	การแปลงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะ One hot encoding	3-9
3.5-10	อธิบายการทำงานของ Model สำหรับทำนายปริมาณฝนบนพื้นที่	3-10
3.5-11	mean square error ระหว่าง output ของ machine learning กับ nwp	3-11
4.3-1	ช่วงเวลา 3 เดือน สะสมปริมาณน้ำฝนของ (a) การสังเกตการณ์ดาวเทียม และ (b) การพยากรณ์อากาศ	4-4
4.3-2	Sub-select ระยะเวลา 3 เดือน สำหรับการเตรียมชุดการฝึกอบรมสำหรับการพัฒนา ML algorithm	4-4

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5-1	พื้นที่ศึกษาและสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา	4-9
4.5-2	การเตรียมข้อมูลเป็นชั้น (Layers) รายชั่วโมง	4-10
4.5-3	ลักษณะตาราง เวลา/รหัสสถานี	4-11
4.5-4	กราฟแท่งและกราฟวงกลมอธิบายการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณฝน ราย 3 ชั่วโมง	4-11
4.5-5	แผนที่ตำแหน่งสถานีที่ใช้ในการศึกษา	4-12
4.5-6	กราฟแท่งความสัมพันธ์ของปริมาณฝนสะสมรายเดือน	4-12
4.5-7	กราฟแท่งความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งที่ตกกับปริมาณฝนที่ตก	4-13
4.5-8	กราฟ 3 มิติความสัมพันธ์ของปริมาณฝนตกวันที่ 1-3 และจำนวนเหตุการณ์	4-14
4.5-9	การจัดข้อมูลเพื่อสอนโมเดล	4-14
4.5-10	การใช้ Convolution Neural Network (CNN) เพื่อการจำแนกประเภทภาพ	4-15
4.5-11	โครงสร้างโมเดล CNN ที่ใช้ในการศึกษา	4-16
4.5-12	แนวคิด Fully Connected เพื่อการพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 3 วัน	4-16
4.5-13	แนวคิด Convolution Neural Network	4-17
4.5-14	กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ค่า Mean Absolute Error หน่วยมิลลิเมตร ตามระยะเวลา	4-18
4.5-15	กราฟเส้นความสัมพันธ์ Accuracy (%) ตามเวลา	4-19
4.5-16	ความแม่นยำของการทำนายล่วงหน้า 1 วัน	4-19
4.5-17	ความแม่นยำของการทำนายล่วงหน้า 2 วัน	4-20
4.5-18	ความแม่นยำของการทำนายล่วงหน้า 3 วัน	4-20
4.5-19	ความแม่นยำเชิงพื้นที่ที่แสดงบนแผนที่	4-20

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.5-1	เปรียบเทียบข้อเด่น-ข้อด้อยของวิธีการพยากรณ์แบบต่างๆ	1-8
4.3-1	เงื่อนไขที่ใช้ควบคุม	4-5
4.3-2	สรุปประเมินผลสำเร็จของการอบรม	4-6
4.5-1	รายชื่อสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา	4-9
4.5-2	โมเดลที่ใช้ในการทดสอบ	4-17
4.5-3	โครงสร้างโมเดลที่ใช้ในการทดสอบ	4-17

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในการศึกษา “แผนงานที่ 4 การบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผานงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ ต้นน้ำ, กลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC.) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำและลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนาและทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ 4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

การพยากรณ์ฝนมีความจำเป็นต่อระบบการจัดการทรัพยากรน้ำเพราะเป็นตัวแปรตั้งต้นของการประเมินศักยภาพน้ำ ทั้งด้านปริมาณและความสามารถในการจัดสรร รวมไปถึงการบริหารจัดการในภาวะน้ำท่วมและภัยแล้ง ที่มีความจำเป็นที่ต้องได้ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่ถูกต้องและรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเขื่อนและอ่างเก็บน้ำที่มีความอ่อนไหว จากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง, ระยะเวลาไหลเข้า, ช่วงเวลาฝนทิ้งช่วง ซึ่งกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการจัดสรรน้ำของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ และความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างทั้งสองด้วย ดังนั้นนอกจากวิธีการสร้างข้อมูลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว การนำเอาเทคโนโลยี Artificial Intelligent (AI) มาใช้สนับสนุนการพยากรณ์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพจากการประมวลผลแบบจำลองในแบบเดิมผ่านเครื่องมือ Machine Learning (ML) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเอาเทคนิคแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับเทคนิคMachine Learning เพื่อเสริมการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพ พร้อมกันนี้ยังได้ทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับโครงการวิจัยอื่นเพื่อสร้างการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยให้มากที่สุด

ในการทำงานของโครงการสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนงานของบริษัท Envision Digital International Pte Ltdทำหน้าที่ รวบรวมข้อมูลจากโมเดลภูมิอากาศระดับโลกมา Downscaling เป็นประเทศไทยโดยกรรมวิธีทางสถิติและด้วยระบบ Machine Learning ที่บริษัทพัฒนาขึ้น
2. ส่วนของทีมวิจัย ทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ด้วยการทำ Data Assimilation กับข้อมูลสถานีและข้อมูลดาวเทียมเพื่อหาความครอบคลุมและความถูกต้องของค่าความเข้มฝนที่ได้เพิ่มจากก่อนปรับปรุงด้วย machine leaning ครอบคลุมทั้งประเทศไทย เพื่อให้เหมาะสมในกรณีของประเทศไทย

โดยโครงการได้ให้ความสำคัญกับการนำความรู้จากการร่วมมือกับทางบริษัท Envision เผยแพร่ให้นักวิจัยในโครงการเครือข่ายและหน่วยงานที่เกี่ยว เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำ, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ เพื่อพัฒนาและต่อยอดการใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้และข้อมูลที่ได้ผ่านการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ 4 ครั้ง โดยทางบริษัท Envision ยินดีถ่ายทอดและจัดส่งวิทยากรมาฝึกอบรมทั้งที่ประเทศไทย และที่ประเทศสิงคโปร์ ทั้งนี้การดึงข้อมูลจากบริษัท Envision โดยตรงอาจทำให้ผิดเงื่อนไขการให้บริการของบริษัท แต่บริษัทสามารถให้ทีมวิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปเผยแพร่ได้เพื่องานวิจัยและการศึกษา

1.2 แนวคิดและเป้าหมาย

การบริหารจัดการน้ำตัวแปรที่สำคัญคือสภาพและปริมาณฝนซึ่งหากสามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้าอย่างแม่นยำและใช้เวลาในการดำเนินการที่สั้นที่สุดจะช่วยให้ การบริหารจัดการมีเวลาในการประเมินสถานการณ์และตัดสินใจโดยมีความคลาดเคลื่อนน้อย จะช่วยลดผลกระทบจากสภาพของทรัพยากรน้ำได้ ทั้งนี้การนำเอาเทคนิควิธีการสมัยใหม่มาเป็นเครื่องมือพัฒนาการพยากรณ์ฝนระยะสั้นและระยะกลางจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการทรัพยากรน้ำ ในด้านความถูกต้องและใช้ระยะเวลาในการประมวลข้อมูลที่สั้นลง

1.3 วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาโครงสร้างที่เหมาะสมของ “ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝนเพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” ในด้าน Hardware, Software, Database และ Application ในการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างส่วนงานในโครงการ

2) รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝนที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝนเพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ เป็นการประมวลข้อมูลระดับโลก (Big Data) ที่มีตัวแปร และรูปแบบโมเดลที่เกี่ยวข้องจำนวนมากในระดับที่คอมพิวเตอร์

แบบบุคคลหรือเครื่องแม่ข่ายธรรมดาไม่สามารถ ต้องใช้คอมพิวเตอร์ระดับ High Performance Computing (HPC) โดยต้องแยกข้อมูลและประมวลออกมาเป็นข้อมูลระดับพื้นที่และในระดับประเทศ ตามลำดับทั้งหมดนี้จะเป็นต้องออกแบบ “การเชื่อมโยงการทำงานระหว่างกัน” เพราะมีต้นทุนเป็นกำลังในการประมวล, เวลาในการประมวล และปริมาณการรับ-ส่งข้อมูล ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานการคาดการณ์ฝนระยะสั้นโดยตรง

นอกจากนี้ “รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลฝน” เพื่อสร้างแนวทางการเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงทั้งข้อมูลดาวเทียม และข้อมูลสถานีฝน เพื่อปรับปรุงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลฝน ซึ่งโดยปกติการคาดการณ์ปริมาณฝนระยะสั้น ต้องเข้ากระบวนการปกติ (กระบวนการปกติ เป็น กระบวนการที่หน่วยงานต่างๆ นิยมใช้) ที่มีขั้นตอนและใช้ระยะเวลาในการทำงาน โดยรูปแบบที่ทางโครงการพัฒนาเป็นการนำเอาแนวคิด Artificial Intelligent (AI) โดยใช้เครื่องมือ Machine Learning (ML) ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับกระบวนการปกติ และองค์ความรู้ที่ได้จะนำมาเผยแพร่การใช้ประโยชน์ผ่านการประชุม/อบรมเชิงปฏิบัติการต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

1.4 ขอบเขตโครงการ

ขอบเขตการศึกษาพื้นที่ประเทศไทย,พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำเจ้าพระยา และพื้นที่ภาคตะวันออก ศึกษาการพยายกรณ์ฝนล่วงหน้าระยะสั้นและระยะกลาง

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน

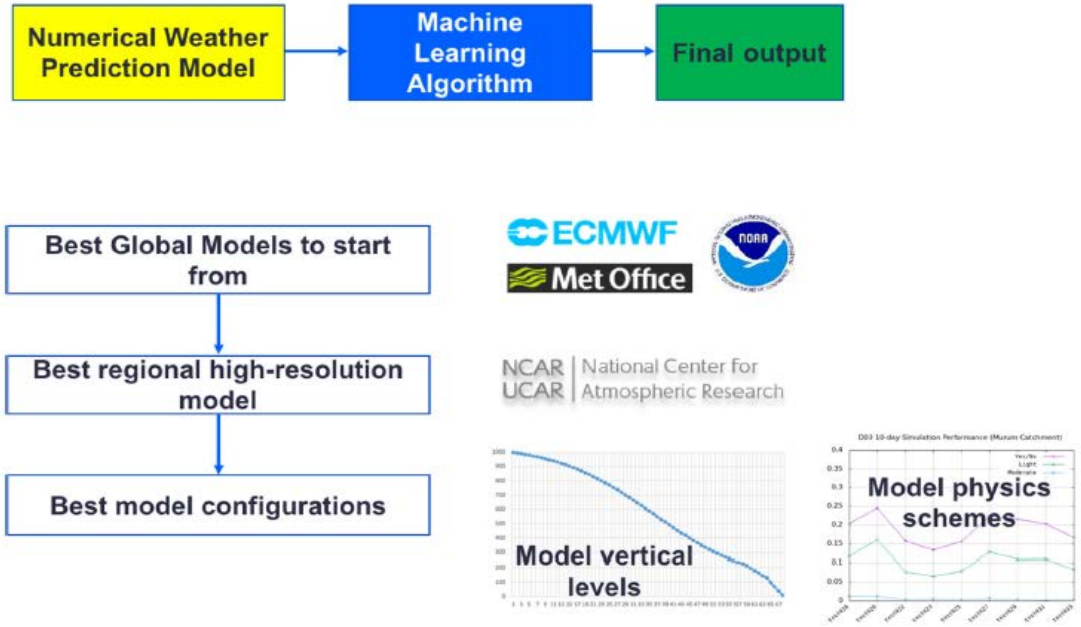
แนวทางในการทำงานพยากรณ์อากาศของโครงการแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.5.1 การศึกษาด้านการพยากรณ์ปริมาณฝน ระยะสั้น และระยะกลาง

เป็นการศึกษา Traditional Numerical Weather Prediction (NWP) เป็นกรรมวิธีที่มีพื้นฐานจากการจำลองทางกายภาพและพลวัตรของภูมิอากาศและบ่อยครั้งใช้ความเชี่ยวชาญในการพยากรณ์ในการแปลผลการทำนายก่อนการทำนายสุดท้ายนั้นเป็นประเด็น ประเภทนี้วิธีการที่ยากลำบากจากปัญหาที่สำคัญสามประการ ประการแรกความละเอียดเชิงพื้นที่ของ NWPโดยปกติจะหยาบมาก เช่น ความละเอียดเชิงพื้นที่ของโมเดล NWP ทั่วโลกส่วนใหญ่มักจะอยู่ในช่วงจาก 9 ถึง 100 กิโลเมตร และในกรณีเช่นนี้ความแตกต่างของระดับกริดย่อยและการเปลี่ยนแปลงไม่น่าจะถูกจับ ประการที่สองเงื่อนไขเบื้องต้นของโมเดล NWP คือ ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะยากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ประการที่สามศูนย์ NWP ส่วนใหญ่จะเรียกใช้เฉพาะที่กำหนดเท่านั้นการคาดการณ์ซึ่งไม่สามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือการคาดการณ์ปริมาณความไม่แน่นอน ในที่สุดความแม่นยำในการพยากรณ์ขั้นสุดท้ายขึ้นอยู่กับนักพยากรณ์ความสามารถ ผู้พยากรณ์ต้องการการฝึกฝนและประสบการณ์การทำงานเป็นเวลาหลายปีพยากรณ์อากาศ

นักวิจัยอุตุนิยมวิทยาดิจิตอลได้รวบรวมนักอุตุนิยมวิทยาที่มีความสามารถนักอุทกวิทยาและนักวิทยาศาสตร์ด้านข้อมูลเพื่อเอาชนะการพยากรณ์อากาศที่ท้าทายปัญหาที่เกิดขึ้น ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยวิจัยอุตุนิยมวิทยาชั้นนำของโลกและหน่วยงานต่างๆ เช่นศูนย์วิจัยบรรยากาศแห่งชาติ (NCAR), IBM, ปักกิ่งมหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยซิงหัว, นักวิจัยได้พัฒนาระบบพยากรณ์อากาศ Forecast Weather เพื่อเอาชนะปัญหาสำคัญสามข้อที่กล่าวถึงข้างต้นและจัดเตรียมการพยากรณ์อากาศที่แม่นยำที่สุดสำหรับตัวแปรต่างๆเช่นปริมาณน้ำฝนลมอุณหภูมิ ฯลฯ

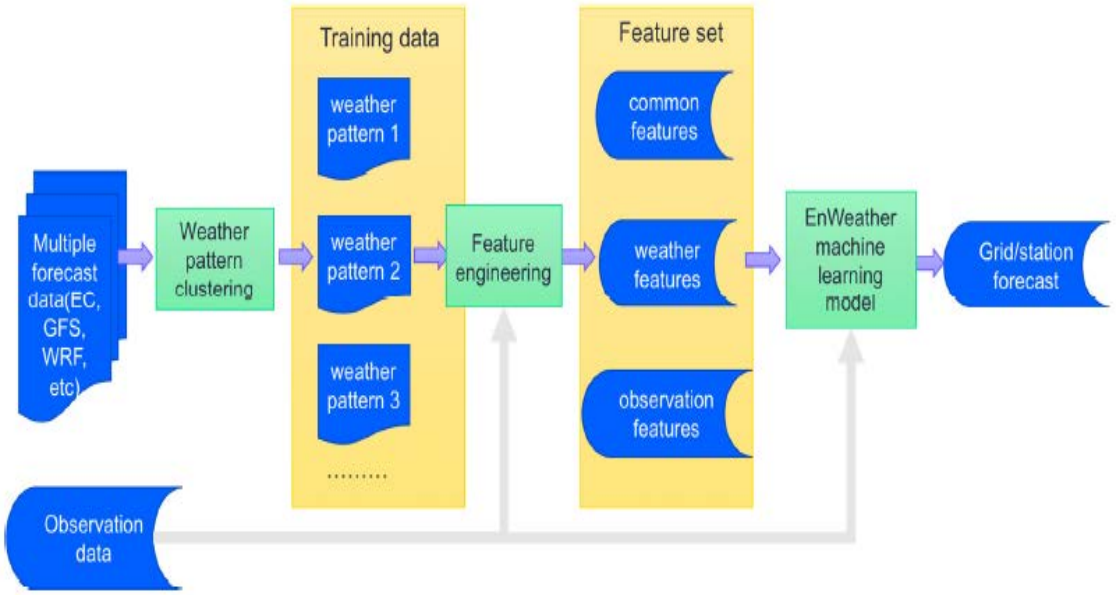
โดยเฉพาะผังการทำงานสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน EnWeather – ของบริษัท Envision Digital International Pte Ltd โดยทั่วไปแล้วการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนถูกสร้างขึ้นผ่านสององค์ประกอบ: EnWeather Dynamicระบบลดขนาดและระบบ AI การรวบรวมข้อมูล EnWeather ระบบและทั้งชุดระบบ EnWeather เป็นตัวเลือกที่จะปรับเปลี่ยนตามการประยุกต์ของผู้ใช้



รูปที่ 1.5-1 Forecast Weather การพยากรณ์ฝน

ระบบ Dynamic Downscaling ของ EnWeather ได้รับการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการ Hi-Resolution ของภูมิภาคผ่านแบบจำลอง NWP ที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้สำหรับการพยากรณ์ที่แตกต่างกันสามารถบรรลุภูมิภาค / หรือฤดูกาล ด้วยความช่วยเหลือของคอมพิวเตอร์ที่ทรงประสิทธิภาพที่สุด (HPC) TaihuLight และ Tianhe เราสามารถระบุรูปแบบที่ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ผ่านมาส่วนเดือนอื่นๆ HPC อันทรงพลังที่ซึ่งงานเพียงงานเดียวสามารถใช้ Core นับพันประมวล ไม่ได้เป็นเพียงแค่รับประกันการแก้ไขปัญหาสภาพอากาศในระดับที่ดีกว่าซึ่งมีอยู่ทั่วโลกในNWP แต่ยังเป็นการส่งมอบผลลัพธ์ที่ตรงเวลาด้วยปริมาณน้ำฝน 1km x 1km พยากรณ์อากาศเป็นระยะเวลา 15 นาทีทั่วทั้งประเทศไทย

ทั้งข้อมูลใน NWP ของ Forecast Weather และข้อมูลทั่วโลกของ NWP เช่น European Center สำหรับการพยากรณ์อากาศระดับกลาง (ECMWF), ระบบการพยากรณ์ทั่วโลก (GFS), สหราชอาณาจักรพบกับสำนักงาน Unified Model Unified Model (UM) และสำนักงานอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น (JMA) Global Spectral Model (GSM) จะถูกป้อนเข้าสู่ระบบ Forecast Weather AI กับการพยากรณ์แบบหลายแหล่ง, ระบบ EnWeather AI สามารถวัดความไม่แน่นอนของการพยากรณ์ระบบ Forecast Weather AI รวมข้อมูล NWP และข้อมูลการสังเกตต่างๆ ไว้ในกรอบการพยากรณ์ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละพารามิเตอร์สภาพอากาศ ทั้งสภาพอากาศดั้งเดิมการสังเกตและข้อมูลเซ็นเซอร์ IoT เช่น ข้อมูลดาวเทียมข้อมูลเรดาร์ข้อมูลทุ่นตรวจวัดการอ่านจากสถานีภาคพื้นดินการทำให้เกิดเสียงรวมทั้งการวัดจากตัวตรวจวัด IoT (เช่นเครื่องวัดความเร็วลมจากกังหันลม, เซ็นเซอร์อุณหภูมิจากอาคาร ฯลฯ) ใช้อย่างเต็มที่ ข้อสังเกตเหล่านี้ให้ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นเอกลักษณ์และหลากหลายรูปแบบของสภาพอากาศที่มีการแปลมีวิวัฒนาการตลอดเวลา การสังเกตนั้นสามารถที่จะคู่มือรูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องเช่น เครือข่ายนิวรัลลึกลำดับและไม่เป็นลำดับแบบจำลอง ฯลฯ เพื่อจับภาพความแตกต่างในท้องถิ่นที่ลึกซึ้งผ่านการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างการพยากรณ์อากาศขนาดใหญ่และสภาพอากาศท้องถิ่นที่สังเกตรูปแบบ พยากรณ์อากาศแต่ละพารามิเตอร์ผ่านการเรียนรู้ของเครื่องสองชั้นกรอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจับภาพสามัญของสภาพอากาศที่แตกต่างกันพารามิเตอร์ในเลเยอร์แรก จากนั้นปรับแต่งเอกลักษณ์ในเลเยอร์ที่สอง สำหรับตัวอย่างอุณหภูมิเป็นตัวแปรต่อเนื่องและสามารถพยากรณ์โดยใช้หนึ่งเลเยอร์แบบจำลองในขณะที่การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนต้องใช้การพยากรณ์สองชั้นรวมถึงการจำแนกประเภทของเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนในชั้นแรกและปริมาณน้ำฝนในวินาที



รูปที่ 1.5-2 ระบบวิเคราะห์ AI ของ EnWeather

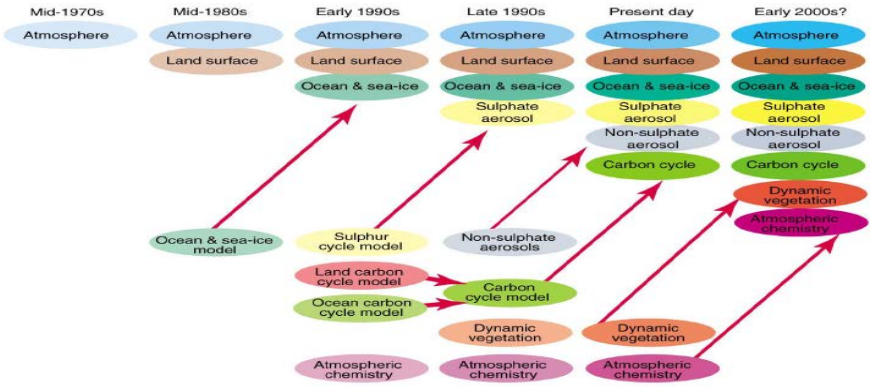
ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้ทางโครงการจะใช้กระบวนการ Data Assimilation กับข้อมูลดาวเทียมในเชิงพื้นที่ปกคลุม และกับสถานีวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อทดสอบความถูกต้องเชิงจุด โดยเป้าหมายของความถูกต้องที่คาดหวังจากกระบวนการประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ฝนซึ่งจะนำไปสู่ความถูกต้องแม่นยำในกระบวนการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

1.5.2 การพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา

การคาดหมายสภาพลมฟ้าอากาศในอนาคต การที่จะพยากรณ์อากาศได้ต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการ ประการแรกคือความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์และกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ ประการที่ สองคือสภาวะอากาศปัจจุบัน และประการสุดท้ายคือความสามารถที่จะผสมผสานองค์ประกอบทั้งสองข้างต้น เข้าด้วยกันเพื่อคาดหมายการ เปลี่ยนแปลงของบรรยากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

การพยากรณ์อากาศอาจจำแนกตามระยะเวลาของการคาดหมายได้ดังนี้

- การบรรยายสภาวะลมฟ้าอากาศในปัจจุบัน หรือการคาดหมายลักษณะอากาศสำหรับช่วงเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง
- การพยากรณ์ระยะสั้นมาก (very - short- range forecast) คือการคาดหมายลักษณะลมฟ้าอากาศสำหรับช่วงเวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง
- การพยากรณ์ระยะสั้น (short - range forecast) คือการคาดหมายลักษณะลมฟ้าอากาศสำหรับช่วงเวลาไม่เกิน 3 วัน
- การพยากรณ์อากาศระยะปานกลาง (medium - range -forecast) คือการคาดหมายลักษณะลมฟ้าอากาศ สำหรับช่วงเวลา 3 - 10 วัน
- การพยากรณ์ระยะนาน (long-range - forecast) คือการคาดหมายลักษณะลมฟ้าอากาศสำหรับช่วงเวลาที่เกินกว่า 10 วัน



รูปที่ 1.5-3 แสดงแนวคิดการพยากรณ์อากาศจากอดีตถึงปัจจุบัน

ที่มา: ESMs

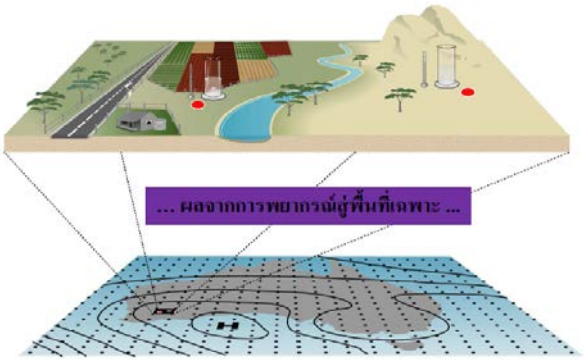
การพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการพยากรณ์เชิงวัตถุวิสัยชนิดหนึ่ง การพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข (numerical weather prediction-NWP) คือชื่ออย่างเป็นทางการของวิธีการพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์

เนื่องจากลมฟ้าอากาศอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศจึงสามารถแสดงได้ในรูปของระบบสมการทางคณิตศาสตร์ สมการเหล่านี้ได้คำนึงถึงว่าองค์ประกอบของบรรยากาศ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางลม ความชื้น ฯลฯ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะปัจจุบันอย่างไร หากสามารถแก้สมการเหล่านี้ได้ ย่อมสามารถที่จะแปรความหมายสภาวะของบรรยากาศในลักษณะของ ลม ฟ้า อากาศ ได้ เป็นต้นว่า ฝน อุณหภูมิ แสงแดด ลม

การนำผลการคาดการณ์สภาพภูมิดากาศระดับโลก GCM (Global Climate Model) ในอนาคตมาใช้งานโดยตรงย่อมให้ผลที่ไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศที่มีสภาพแตกต่างกัน ความถูกต้องของผลการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระดับโลกโดยส่วนใหญ่ให้รายละเอียดเชิงพื้นที่ไม่มากนั้นคือ เป็นการให้รายละเอียดเชิงพื้นที่ในตำแหน่งจุดต่างๆ ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 330 กิโลเมตร ทั้งในแนวตะวันออก-ตก และในแนวเหนือ-ใต้ ย่อมให้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคนิคและวิธีการของแบบจำลองการพยากรร์สภาพภูมิอากาศระดับท้องถิ่น RCM (Regional Climate Model) เพื่อการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตที่ดีกว่า ด้วยเทคนิควิธีการลดขนาด (downscale) ที่แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

1) การลดขนาดโดยวิธีการทางสถิติ (statistical downscaling) Weather generators, Transfer function, Weather typing
2) การลดขนาดโดยทางพลวัตร (dynamical downscaling) High resolution and variable resolution AGCMs, Reginal Climate Models (RCM)
3) การผสมกันจากทั้งวิธีสถิติและพลวัตร (statistical and dynamic downscaling)

เทคนิควิธีการลดขนาดทางพลวัตรได้เป็นที่นิยมและแพร่หลายเป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถกำหนดรายละเอียดบริเวณพื้นดินที่มีผลต่อการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในระดับท้องถิ่นได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.5-4 แสดงแนวคิดการพยากรณ์ลงสู่พื้นที่เฉพาะจุด

ที่มา: PRECIS

ตารางที่ 1.5-1 เปรียบเทียบข้อเด่น-ข้อด้อยของวิธีการพยากรณ์แบบต่างๆ

เทคนิค	ข้อเด่น	ข้อด้อย
1) สถิติ	- รายละเอียดมาก - ค่าใช้จ่ายในการคำนวณต่ำ	- ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่ใช้ในการคาดการณ์ปัจจุบัน - ตัวแปรมีไม่มาก - ใช้ได้เฉพาะพื้นที่
2) แบบจำลองรายละเอียดสูง	- รายละเอียดสูง - ค่าเป็นที่สุด - อยู่บนพื้นฐานทางฟิสิกส์ - หลากหลายตัวแปร - RCM เปลี่ยนพื้นที่ได้สะดวก	- ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขขอบเขตจากแบบจำลองใหญ่ - ค่าใช้จ่ายสูง - เทคนิคการประมาณค่าตัวแปร
3) แบบจำลองภูมิภาค		- อาศัยข้อมูลเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขตจากแบบจำลองใหญ่ - ขนาดการประสานของแบบจำลองใหญ่และย่อย - ค่าใช้จ่ายสูง - เทคนิคการประมาณค่าตัวแปร

ในการนำแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับท้องถิ่นแบบลดขนาดทางพลวัตรมาใช้สร้างชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตตามสถานการณ์จำลองทางภูมิอากาศ (climate scenario) ต่างๆ ที่กำหนดขึ้น ต้องอาศัยผลการพยากรณ์จากแบบจำลองภูมิอากาศระดับโลกGCMดังนั้นความถูกต้องของแบบจำลอง RCM จึงขึ้นอยู่กับความถูกต้องของGCMและข้อมูลที่นำมาใช้งานกับแบบจำลอง RCM ต้องเป็นข้อมูลเริ่มต้น(initial) และเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ที่ได้มาจากแบบจำลอง GCM เดียวกัน ไม่สามารถนำข้อมูลเพียงบางส่วนของแต่ละแบบจำลองมาใช้ร่วมกันเพราะแต่ละแบบจำลอง GCM มีการพัฒนาและการจำลองสถานะการทางภูมิอากาศที่ต่างกัน

อย่างไรก็ตาม ระบบสมการดังกล่าวข้างต้นมีความซับซ้อนมาก (ในทางคณิตศาสตร์เรากล่าวว่าสมการเหล่านี้เป็น non-linear partial differential equation) และไม่สามารถแก้สมการเหล่านี้เพื่อหาคำตอบที่แท้จริง (exact solution) ที่จะบอกให้เราทราบถึงสภาวะในอนาคตของบรรยากาศได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการจำลองแบบเชิงตัวเลข (numerical model) เพื่อที่จะหาคำตอบโดยประมาณ (approximate solution) จากแบบจำลองเชิงตัวเลขเหล่านี้ องค์ประกอบต่างๆ ของบรรยากาศ

จะถูกแทนที่ด้วยชุดของตัวเลขจำนวนหนึ่ง โดยการดัดแปลงระบบสมการของบรรยากาศจะถูกแทนที่ด้วยชุดของตัวเลขจำนวนหนึ่ง

- โดยการดัดแปลงระบบสมการของบรรยากาศให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ก็จะสามารถที่จะคำนวณค่าในอนาคตของจำนวนเหล่านี้ได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะได้ทำการดัดแปลงสมการที่เกี่ยวข้องให้ง่ายขึ้นแล้ว แต่การคำนวณที่จำเป็นสำหรับการพยากรณ์อากาศ ก็ยังคงมีความซับซ้อนและมีปริมาณมากเกินกว่าที่กระทำได้อย่างทันเวลา
- โดยมนุษย์หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์ธรรมดาทั่วไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเป็นพิเศษ เพื่อให้สามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศได้อย่างรวดเร็ว ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ ในแบบจำลองเชิงตัวเลขบรรยากาศจะถูกแบ่งออกเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ จำนวนมาก โดยมีจุดพิกัด (grid point) ณ จุดกึ่งกลางของรูปทรงสี่เหลี่ยมเหล่านี้ ด้วยวิธีการนี้คุณสมบัติของบรรยากาศจะสามารถแทนได้โดยสิ่งที่เกิดขึ้น ณ แต่ละจุดพิกัดเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น หากแบบจำลองมีการแบ่งบรรยากาศออกเป็น 20 ระดับ มีจุดพิกัดในแนวทิศเหนือ - ใต้ จำนวน 217 จุด และจุดพิกัดในแบบจำลองนี้จะมีมากถึง 1,249,920 จุด
- การแทนค่าองค์ประกอบหรือตัวแปรต่างๆ ของบรรยากาศด้วยค่าตัวเลขโดยประมาณนี้เรียกว่าการกำหนดความไม่ต่อเนื่อง (discretization) ซึ่งก็คือการพยายามแทนปรากฏการณ์ที่มีความต่อเนื่อง ด้วยชุดของจำนวนเลขที่มีจำนวนจำกัด (ไม่ต่อเนื่อง) ยิ่งใช้ชุดของจำนวนเลขน้อยตัวเพียงใดก็จะยิ่งทำให้การกำหนดความไม่ต่อเนื่องที่ได้หยาบขึ้นเพียงนั้น ซึ่งจะเป็นผลให้การพยากรณ์อากาศมีรายละเอียดและความถูกต้องลดลง แต่หากกำหนดความไม่ต่อเนื่องให้ละเอียดขึ้น ก็จะมีจำนวนของตัวเลขมากขึ้น ซึ่งจะทำให้คอมพิวเตอร์ต้องใช้เวลาในการคำนวณนานขึ้น แต่ก็จะให้ผลการพยากรณ์มีรายละเอียดและความถูกต้องเพิ่มขึ้นเช่นกัน

แบบจำลองเชิงตัวเลขสำหรับการพยากรณ์อากาศที่มีการใช้งานอยู่เป็นจำนวนมากทั่วโลกนั้นต่างก็มีพื้นฐานอยู่บนระบบสมการหลักชุดเดียวกัน ซึ่งระบบสมการนี้ประกอบด้วยสมการต่างๆ คือ สมการของการเคลื่อนที่ (equation of motion) สมการอุทกสถิต (hydrostatic equation) สมการอุณหพล (thermodynamic equation) สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) สมการของสถานะ (equation of state) และสมการไอน้ำ (water vapor equation) ระยะเวลาสั้นๆ แทนที่จะเป็นการคาดหมายสภาวะที่ปกคลุมโลกทั้งหมด หรือการคาดหมายในระยะเวลานานๆ จึงมีการสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์อากาศเฉพาะพื้นที่ (limited area model - LAM) ขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์นี้ แบบจำลองเหล่านี้สามารถให้การพยากรณ์เฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง โดยมีรายละเอียดสูง สำหรับช่วงเวลาที่ไม่เกิน 2-3 วัน ถ้านานกว่านั้น แบบจำลองเหล่านี้จะให้ผลการพยากรณ์ที่ไม่ค่อยถูกต้อง

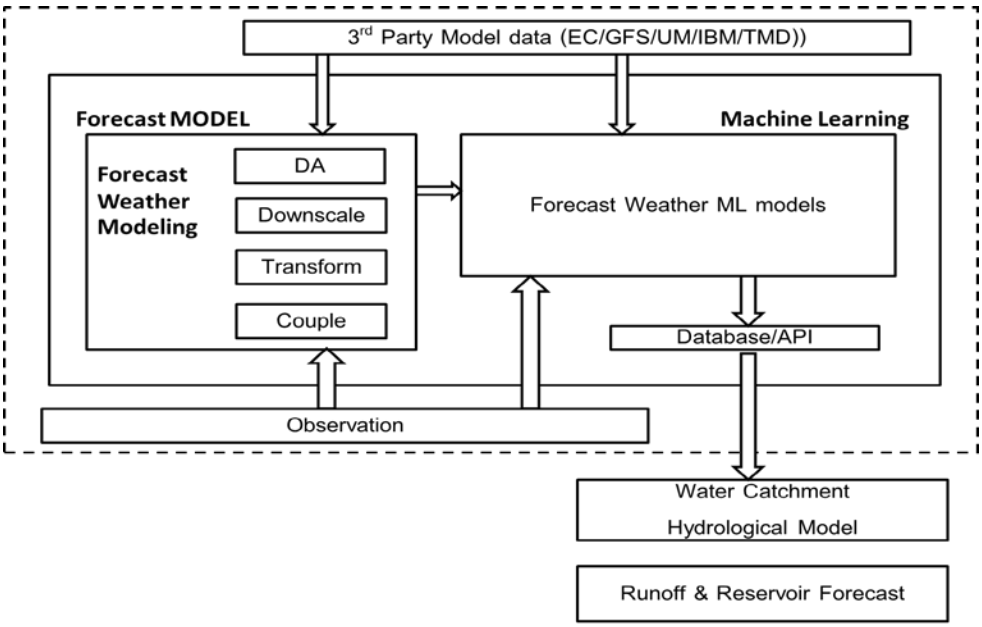
ทั้งนี้เพราะสิ่งที่เกิดขึ้นนอกบริเวณที่กำหนดไว้สำหรับการพยากรณ์ จะมีอิทธิพลต่อลมฟ้าอากาศในบริเวณดังกล่าวด้วย ยิ่งช่วงเวลานานออกไป อิทธิพลภายนอกก็จะยิ่งมีมากขึ้นตามลำดับ

ดังนั้นการพยากรณ์อากาศโดยใช้เฉพาะข้อมูลในบริเวณที่กำหนด โดยไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลของบรรยากาศภายนอก จึงมีความถูกต้องลดลงอย่างรวดเร็วสำหรับการพยากรณ์อากาศที่นานเกินกว่า 2-3 วันนั้น ต้องคำนึงถึงความจริงว่า สภาวะในอนาคตของบรรยากาศ ณ ที่ใดที่หนึ่ง จะได้รับอิทธิพลจากลมฟ้าอากาศจากบริเวณที่อยู่ไกลออกไปมากๆ ด้วย การพยากรณ์อากาศบางอย่าง เช่น การพยากรณ์อากาศตามเส้นทางเดินเรือและเส้นทางการบิน การพยากรณ์การแพร่กระจายของมลภาวะ ไม่ใช่เป็นการพยากรณ์ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นโลก แต่เป็นการพยากรณ์ที่ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นจะต้องคำนึงถึงสภาวะของบรรยากาศทั่วโลก โดยรวมไว้ในแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อการพยากรณ์อากาศด้วย นั่นคือแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อากาศระยะปานกลางต้องครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก (global model) และต้องพิจารณาบรรยากาศตั้งแต่พื้นโลกขึ้นไปจนถึงความสูงประมาณ 30 กิโลเมตร รวมทั้งต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระดับต่ำกว่าผิวพื้นโลกทั้งในส่วนที่เป็นแผ่นดินและมหาสมุทรด้วย

ปัจจัยสำคัญบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ เป็นปรากฏการณ์ที่มีขนาดเล็กมาก เช่นการที่รังสีจากดวงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิพื้นดินเพิ่มขึ้นในขนาดของโมเลกุลการปั่นป่วนของอากาศใกล้พื้นดินและในระดับล่างของบรรยากาศอาจเกิดขึ้นในขนาดไม่กี่เซนติเมตรกระบวนการก่อตัวของเมฆ การเกิดฝนภายในก้อนเมฆ ปรากฏการณ์ขนาดเล็กเหล่านี้ไม่อาจรวมไว้ในแบบจำลองเชิงตัวเลขได้อย่างถูกต้องด้วยวิธีการกำหนดความไม่ต่อเนื่อง (discretization) เพราะจะทำให้มีตัวเลขเป็นจำนวนมากมายมหาศาลเกินกว่าที่คอมพิวเตอร์ใดๆ ในโลกปัจจุบัน จะทำการคำนวณได้รวดเร็วทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงในบรรยากาศ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแทนปรากกฏการณ์เหล่านี้ โดยพิจารณาถึงอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ของมันที่มีต่อตัวแปรอื่นๆซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าและได้กำหนดไว้แล้วในแบบจำลองแล้ววิธีนี้เรียกว่า การกำหนดตัวแปรเสริม (parameterization) วิธีการกำหนดตัวแปรเสริมนี้ยังคงต้องมีการพัฒนาอีกมาก เพื่อที่จะทำให้การพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นในการที่จะทำการพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขได้นั้น จำเป็นต้องทราบสภาวะอากาศปัจจุบันหรือสภาวะเริ่มแรก (initial condition) ของบรรยากาศ ณ แต่ละจุดพิกัดที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง ให้ครบถ้วนก่อน สภาวะเริ่มแรกนี้ได้มาจากการตรวจอากาศผิวพื้นการตรวจอากาศชั้นบน ข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เรดาร์ เรือเดินทะเล เครื่องบิน ทุ่นลอยในทะเล ฯลฯ รวมทั้งการประมาณค่าโดยคอมพิวเตอร์เองด้วยเช่นกัน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกตรวจสอบความถูกต้องหลายขั้นตอนและด้วยวิธีการต่างๆ มากมาย หลังจากนั้นจะได้รับการจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในแบบจำลองเชิงตัวเลข การเตรียมข้อมูลสภาวะเริ่มแรกนั้นเป็นภารกิจที่ละเอียดอ่อนและใช้เวลา

โดยคอมพิวเตอร์อาจใช้เวลาเพื่อการนี้มากพอกับเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์อากาศเลยทีเดียว เมื่อจัดเตรียมข้อมูลสภาวะเริ่มแรกเรียบร้อยแล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการคาดหมายสภาวะอากาศ ณ แต่ละจุดพิกัดที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง โดยจะพยากรณ์ไปในอนาคตเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ไม่กี่นาที แล้วใช้ผลการพยากรณ์นี้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ในครั้งต่อไป ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาที่ต้องการพยากรณ์ เช่น ถ้าต้องการพยากรณ์อากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการพยากรณ์ครั้งละ 10 นาที คอมพิวเตอร์จะต้องทำการพยากรณ์เป็นจำนวน 24 ชั่วโมง หารด้วย 10 นาที นั่นคือ 144 ครั้ง ที่ต้องทำการพยากรณ์เพียงช่วงเวลาสั้นๆ ในแต่ละครั้ง ก็เพื่อให้ผลการพยากรณ์มีความถูกต้องมากที่สุด เพราะหากคำนวณการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ช่วงเวลาที่นานมากขึ้น แม้ว่าคอมพิวเตอร์จะใช้เวลาในการคำนวณน้อยลงเนื่องจากจำนวนครั้งที่ต้องพยากรณ์ลดลง แต่ความผิดพลาดในการพยากรณ์ก็จะเพิ่มมากขึ้นจนทำให้ผลการพยากรณ์ดังกล่าวคลาดเคลื่อนมาก เกินกว่าที่จะใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวเลขจำนวนมากมาย เกินกว่าที่จะเข้าใจได้โดยง่าย จึงจำเป็นต้องนำผลลัพธ์ที่ได้นี้ไปประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไปอีก เพื่อให้ได้ผลผลิตขั้นสุดท้าย ในลักษณะที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยง่าย ได้แก่ แผนที่และแผนภูมิอุตุนิยมวิทยาชนิดต่างๆ ซึ่งนักอุตุนิยมวิทยา จะใช้เพื่อประกอบการพิจารณาในการคาดหมายลมฟ้าอากาศ เพื่อให้ได้การพยากรณ์อากาศในขั้นสุดท้ายซึ่งก็คือคำพยากรณ์อากาศนั่นเอง เนื่องจากการพยากรณ์อากาศเป็นงานที่มีลักษณะพิเศษอย่างหนึ่ง คือบ่อยครั้งที่ผู้พยากรณ์อากาศต้องทำการตัดสินใจ โดยมีข้อมูลไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเนื่องมาจากผลการตรวจอากาศมาถึงล่าช้าหรือไม่มีการตรวจอากาศในบริเวณที่จะต้องพยากรณ์

โดยที่ในขณะนี้การพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์ ยังคงจำกัดอยู่เพียงในลักษณะของการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการ เปลี่ยนแปลงของบรรยากาศเท่านั้น แต่ยังไม่สามารถเลียนแบบการใช้เหตุผลในการอนุมาน เช่น เดียวกับที่นักพยากรณ์อากาศใช้อยู่อย่างได้ผลในกรณีที่มีข้อมูลไม่เพียงพอ จึงได้มีการพัฒนาเพื่อใช้คอมพิวเตอร์ในการพยากรณ์อากาศโดยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (artificia intelligence) ซึ่งจะช่วยให้การพยากรณ์อากาศด้วยคอมพิวเตอร์ในอนาคตมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอีกระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามคอมพิวเตอร์และมนุษย์จะยังคงมีบทบาทร่วมกันในการพยากรณ์อากาศต่อไปอีกนาน



รูปที่ 1.5-5 แนวคิดในการเชื่อมโยงแบบจำลอง, Machine Learning และงานวิจัย

ในโครงการจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลฝนที่วิเคราะห์ได้กับโครงการที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบน้ำท่าและน้ำไหลเข้าเขื่อน และโครงการที่ทำการศึกษาการบริหารจัดการการปล่อยน้ำเขื่อน เพื่อให้ผลการศึกษาด้านการพยากรณ์ปริมาณฝน ระยะสั้น (3 วัน) และระยะกลาง (14 วัน) ซึ่งเป็นการพัฒนาการศึกษาวิจัย และสร้างการใช้ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา ที่พยายามสร้างความร่วมมือระหว่างโครงการ ซึ่งเป็นเป้าหมายของกลุ่มการวิจัย

ในการจัดเก็บข้อมูลทางโครงการเลือกใช้บริการ Cloud Serviceเพื่อให้สามารถบริการรับข้อมูลจากบริษัท Envision และให้บริการข้อมูลกับเครือข่ายและหน่วยงานที่เยวข้องผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้ตลอดเวลา โดยให้บริการผ่าระบบ Web Interface และ FTP เพื่อให้สามารถเชื่อมข้อมูลปริมาณมากได้ สามารถกำหนดสิทธิผู้ใช้งาน และปริมาณการใช้

1.6 กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1

เดือน	กิจกรรม (activities)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
3 เดือนที่ 1	1. พัฒนาชุดข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบการวิเคราะห์	1. ระบบประมวลและการวิเคราะห์
3 เดือนที่ 2	1. จัด module การวิเคราะห์ ในเรื่องที่ 1 การประมาณฝนตก 2. พัฒนาการลดทอนขนาดโมเดล NWP จากของทีมวิจัยและจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อเปรียบเทียบและแบ่งปันข้อมูล	1. การประมาณฝนตก (พื้นที และความเข้มของฝน) 2. เปรียบเทียบและแบ่งปันข้อมูลการพยากรณ์
3 เดือนที่ 3	1. เชื่อมโยงในเรื่องที่ 2 ปรับปรุงข้อมูลฝนทำนายให้ถูกต้องมากขึ้นโดย Machine learning Algorithms	1. การประมาณฝนตก (พื้นที่ และความเข้มของฝน) 2. เปรียบเทียบและแบ่งปันข้อมูลการพยากรณ์ 3. Machine Learning Algorithms ที่เพิ่มความถูกต้องใน การพยากรณ์
3 เดือนที่ 4	1. เชื่อมโยงในเรื่องที่ 3 การประมาณน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน (เพื่อบรรรลุเป้าหมายการเพิ่มเก็บกักน้ำ 15 %) 2. อบรมถ่ายทอดความรู้ผ่าน การประชุมเชิงปฏิบัติการ 4 ครั้ง	1. เชื่อมโยงกับโครงการการปล่อยน้ำเขื่อน 2. ถ่ายทอดความรู้สู่ผู้เกี่ยวข้อง

1.7 เนื้อหารายงาน

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 5 บทประกอบด้วย เนื้อหารายงานฉบับสมบูรณ์การดำเนินงานในช่วง 1 ปี (9 กันยายน 2562 – 30 ตุลาคม 2563)

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึง หลักการและเหตุผล แนวคิดและเป้าหมาย วัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงการ ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1 และเนื้อหารายงาน
- **บทที่ 2 ระบบตรวจจับ** กล่าวถึง อุตุนิยมวิทยา รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดิน ความชื้นในบรรยากาศและในดิน การระเหย น้ำฟ้า และลม

- **บทที่ 3 ระบบให้น้ำพืช** กล่าวถึง ข้อมูลสถิติของปริมาณฝน ทดสอบความเร็วในการดึงข้อมูลจาก server ของ envision ผ่าน sftp สร้างข้อมูลเทียมเพื่อใช้ในการทดลองโปรแกรมอ่านข้อมูล ทดลองอ่านข้อมูล และการใช้ Machine Learning สำหรับการพยากรณ์ฝน
- **บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน** กล่าวถึง ภาพรวมของความคืบหน้าโครงการ การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งแรก การปรับรุ่น NWP การทำงานของทีมวิจัยประเทศสิงคโปร์ และการพัฒนาการศึกษาของทีมวิจัยไทย
- **บทที่ 5 บทสรุป ข้อเสนอแนะ ปัญหาและอุปสรรค**

บทที่ 2
อุตุนิยมวิทยาเพื่อการเกษตร

2.1 อุตุนิยมวิทยา

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การดำรงชีวิตของมนุษย์เรานั้น ขึ้นอยู่กับพื้นฐานทางด้านการเกษตรมาเป็นเวลาช้านานแล้ว และทั้งๆ ที่มนุษย์ได้มีความเจริญก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยีอย่างมากมาย แต่ในด้านผลผลิตทางเกษตรที่เอามาเลี้ยงประชากรโลกยังอยู่ในสภาวะที่น่าวิตก ดังจะเห็นได้จากข่าวภัยพิบัติต่างๆ ที่ทำอันตรายต่อผลผลิตทางการเกษตรในแถบต่างๆ ของโลกอยู่เนืองๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภัยธรรมชาติอันมีสาเหตุจากลมฟ้าอากาศ อาทิ ภัยจากน้ำท่วม ฝนแล้ง คลื่นความร้อน ความแห้งแล้ง พายุฝนและลูกเห็บเหล่านี้เป็นต้น ดังนั้น จึงพอจะกล่าวได้ว่า ลมฟ้าอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งอันหนึ่งต่อการผลิตทางเกษตรโดยที่มนุษย์เรายังไม่สามารถควบคุมได้ การผันแปรของลมฟ้าอากาศ ในปีหนึ่งๆ จึงมีผลกระทบต่อปริมาณผลิตผลด้านการเกษตรอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม มนุษย์เราก็มิได้ย่อท้อต่ออุปสรรคต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร จึงมีนักวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ อาทิ นักชีววิทยา นักเกษตร ได้ทำการศึกษา-วิทยาการที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างลมฟ้าอากาศและการเกษตร จุดประสงค์หลักก็เพื่อที่จะศึกษาและแก้ปัญหาต่างๆ ทางด้านการเพาะปลูกและเพื่อที่จะเพิ่มผลิตผลทางการเกษตรให้มากยิ่งขึ้น

2.1.1 คำนิยาม

มีนักเกษตรและนักอุตุนิยมวิทยาหลายท่านได้กำหนดคำนิยามของอุตุนิยมวิทยาเกษตรแตกต่างกันไปแต่ส่วนใหญ่แล้วก็มีความหมายที่คล้ายคลึงกัน จากการประชุมวิชาการระหว่างนักอุตุนิยมวิทยาเกษตร เมื่อปีค.ศ. 1951 ณ กรุงมอสโก ได้กำหนดความหมายของอุตุนิยมวิทยาเกษตรไว้ว่า “อุตุนิยมวิทยาเกษตร คือ วิทยาการว่าด้วยการตรวจสอบสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ภูมิอากาศวิทยา และอุทกวิทยา ที่มีบทบาทและความสำคัญต่อการเกษตร” ความหมายอีกอันหนึ่งของอุตุนิยมวิทยาเกษตรที่ให้ไว้คือ “อุตุนิยมวิทยาเกษตรคือ สาขาวิชาหนึ่งของอุตุนิยมวิทยาที่ว่าด้วยการตรวจสอบถึงความสัมพันธ์ของพืช และสัตว์ที่มีต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพ”

อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะเข้าใจความหมายของคำว่า **อุตุนิยมวิทยาเกษตร** ได้ดียิ่งขึ้น จึงขอแยกอธิบายความหมายของอุตุนิยมวิทยาและการเกษตรดังต่อไปนี้

อุตุนิยมวิทยา คือ วิทยาศาสตร์ของบรรยากาศ ซึ่งรวมถึงกาลอากาศและภูมิอากาศ (Weather and Climate) โดยศึกษาเกี่ยวกับสถานะทางกายภาพ ไดนามิกและเคมีของบรรยากาศของโลกและศึกษาถึงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างบรรยากาศของโลกกับพื้นผิวโลก การศึกษาอุตุนิยมวิทยาต้องอาศัยความรู้ทางด้าน ฟิสิกส์ การคำนวณและข้อมูลอากาศต่างๆ

ที่ได้จากการตรวจวัดในระดับต่างๆ เช่น ข้อมูลอากาศผิวพื้น ข้อมูลอากาศชั้นบน ข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียมเหล่านี้เป็นต้น

อุตุนิยมวิทยาสามารถแยกออกเป็น 3 สาขาใหญ่ๆ ได้ดังต่อไปนี้ คือ

- อุตุนิยมวิทยาไดนามิก (Dynamic Meteorology)
- อุตุนิยมวิทยาแผนที่อากาศ (Synoptic Meteorology)
- ภูมิอากาศวิทยา (Climatology)

อุตุนิยมวิทยาไดนามิกและอุตุนิยมวิทยาแผนที่อากาศเป็นวิทยาการว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์หรือลักษณะของอากาศปัจจุบันหรือในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งเรียกว่า กาลอากาศ (Weather) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า กาลอากาศคือ สภาพของบรรยากาศต่างๆ ที่เป็นอยู่และเปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งตามวัน เวลาและสถานที่ สภาพของกาลอากาศหรือเรียกง่ายๆ ว่าอากาศนี้โดยทั่วๆ ไปได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้น ความกดอากาศ ลม ฝน เมฆ พายุหมอก ทัศนวิสัย เหล่านี้เป็นต้น ส่วนคำว่า ภูมิอากาศ (Climate) หมายถึง สภาพของบรรยากาศ หรืออากาศประจำถิ่นบริเวณใดบริเวณหนึ่งในช่วงระยะยาว (โดยปรกติตั้งแต่ 30 หรือ 35 ปีขึ้นไป) หรืออาจกล่าวได้ ภูมิอากาศคือ ผลเฉลี่ยระยะยาวของกาลอากาศในบริเวณหนึ่งๆ นั่นเอง

การเกษตร หมายถึง การปฏิบัติต่างๆ กับดินเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตผลทางเกษตรโดยรวมถึงการเพาะปลูก และการเลี้ยงสัตว์

2.1.2 ประวัติย่อ

ในสมัยก่อนเกษตรกรก็ได้มีความสนใจเกี่ยวกับ สภาพกาลอากาศ และภูมิอากาศเป็นอย่างดีมาแล้วดังเช่น การพยายามที่จะทำนายสภาพกาลอากาศจากข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีตที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งปรากฏการณ์ที่ทำความเสียหายต่อการเพาะปลูก หรือเป็นสาเหตุต่อการแพร่ระบาดของสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาในด้านการเกษตร ยกตัวอย่างเช่นภาวะฝนทิ้งช่วง ความแห้งแล้ง น้ำค้างแข็ง พายุฝน พายุไซโคลน เหล่านี้ เป็นต้น การจัดบันทึกข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาใช้ในการทำนายสภาพลมฟ้าอากาศที่เกษตรกรในอดีตได้ปฏิบัติมาไม่เพียงแต่เป็นข้อมูลด้านปรากฏการณ์ต่างๆ ของบรรยากาศ (เช่น ฝน หิมะ น้ำค้างแข็ง รวมทั้งดวงอาทิตย์พระจันทร์ น้ำขึ้นน้ำลง) เท่านั้นเกษตรกรเหล่านั้นก็ได้มีการสังเกตการเติบโตการเจริญของพืชและพฤติกรรมของสัตว์ต่างๆ ไปพร้อมกันด้วย

ความสนใจในด้านความสำคัญของอุตุนิยมวิทยาต่อการเกษตรได้เริ่มขึ้นครั้งแรกในประเทศรุสเซีย โดย M.V. Lomonosovเขาได้กล่าวในที่ประชุมทางวิชาการเมื่อปี ค.ศ. 1759 ว่า “เกษตรกรเป็นผู้รู้ดีถึงคุณค่าของการพยากรณ์อากาศเขารู้ว่า เมื่อมีน้ำอย่างพอเพียงย่อมเป็นที่เหมาะสมกับฤดูหว่านและการเก็บเกี่ยวปริมาณน้ำที่มากพอรวมถึงปริมาณแสงแดดนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อฤดูกาลเพาะปลูก”

ในครึ่งแรกของศตวรรษที่ 19 ได้มีวารสารต่างๆ เกิดขึ้นมากมายที่ได้กล่าวถึงอุตุนิยมวทยาเกษตร และภูมิอากาศวิทยา ส่วนใหญ่เป็นเรื่องการตรวจสอบของปัญหาทางด้านการพยากรณ์อากาศ โดยรวมถึงลักษณะทางด้านกายภาพ การตรวจสอบพฤติกรรมของสัตว์ แมลง และพืชในสภาวะต่างๆ มีการเน้นหนักเกี่ยวกับการพยากรณ์ที่แน่นอนตลอดจนความพยายามที่จะทำนายผลิตผลทางการเกษตรด้วย มีบทความเป็นจำนวนมากซึ่งกล่าวถึงภูมิอากาศเกษตรของท้องที่ต่างๆ ของรุสเซียซึ่งเขียนโดย K. Veselovskii ผลงานหลักที่เขาตีพิมพ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1857 คือ ภูมิอากาศของรุสเซีย ซึ่งมีการตอบคำถามทางการเกษตรอีกด้วย

ในปี 1854 หนังสือ อุตุนิยมวิทยาเกษตร เล่มแรกได้ถูกตีพิมพ์ขึ้นโดย D. Reutovich งานของเขาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์อากาศและการประยุกต์ใช้กับการเกษตร

วิวัฒนาการด้านอุตุนิยมวิทยาเกษตรต้องเป็นหนี้บุญคุณอย่างมหาศาลต่อนักอุตุนิยมวิทยาและภูมิอากาศวิทยาชื่อ A.I. Voeikov (1842-1946) ผลงานของเขาที่ตีพิมพ์ขึ้นในปี 1884 ณ St. Petersburg คือเรื่อง ภูมิอากาศของโลกเราและโดยเฉพาะรุสเซีย ยังมีคุณค่าอยู่ตราบเท่าทุกวันนี้

Voeikov ได้ตรวจสอบอิทธิพลของป่าไม้ที่มีต่อภูมิอากาศ ผลงานของเขาเป็นจำนวนมากได้แสดงถึงความสำคัญของป่าไม้ต่อการสมดุลความชื้นในดิน เขาชี้ให้เห็นว่าป่าไม้เป็นเขื่อนกั้นน้ำอันแข็งแกร่งและเป็นตัวป้องกันการพังทลายของดินจากน้ำหรือน้ำแข็งกัดเซาะ เป็นแนวป้องกันลมเป็นเครื่องกีดขวางคลื่นความร้อนและความแห้งแล้งในฤดูร้อนและเป็นตัวช่วยให้เกิดฝนในฤดูร้อน

ในช่วงเวลาเดียวกันนี้ (1883-1886) นักภูมิศาสตร์และนักอุตุนิยมวิทยาชื่อ A.V. Klossovlkii (1856-1917) ซึ่งเป็นผู้ที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักกันดีได้จัดตั้งข่ายงานด้านสถานีอุตุนิยมวิทยาขึ้น ได้มีการสังเกตทั้งองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาต่างๆ ควบคู่ไปกับสภาวะการเติบโตของพืชด้วย ผลงานต่างๆ ของเขาได้ปรากฏออกมามากมาย

P.l. Brounov (1852-1927) ได้เป็นผู้ดำเนินการก่อตั้งข่ายงานอุตุนิยมวิทยาเพิ่มเติมจากงานของ Klossovlkii โดยทำการสังเกตทั้งด้านการเกษตรและปรากฏการณ์ต่างๆ เขาได้ตรวจสอบอิทธิพลของสภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อการเติบโตของพืชและผลผลิต Brounov ได้พบว่าพืชมีช่วงวิกฤตหนึ่งๆ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงการเจริญ การเติบโต โดยมีความเกี่ยวพันกับองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาเฉพาะอย่างๆไป ยกตัวอย่าง เช่น น้ำฟ้า เขากล่าวว่าการขาดองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาอันใดอันหนึ่งอาจนำไปสู่การลดลงหรือรวมทั้งการขาดผลผลิตขึ้นได้ ในปี 1912 Brounov ได้เขียนหนังสือชื่อ Field crops and the weather ขึ้นซึ่งเป็นการกล่าวถึงอิทธิพลของอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อการเติบโตของพืช

งานบริการทางด้านอุตุนิยมวิทยาเกษตรของรุสเซียนี้ เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดความสนใจแก่ประเทศอื่นๆ ในเวลาต่อมา ในสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และประเทศต่างๆ ก็ได้เห็นถึงบทบาทและความสำคัญของภูมิอากาศที่มีต่อการเกษตร วิทยาการสาขาอุตุนิยมวิทยาเกษตรเริ่มเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายเพียงไม่กี่สิบปีมานี้เอง ดังจะเห็นได้จาก วารสาร งานวิจัย สิ่งตีพิมพ์ เอกสารรวมทั้งหนังสือ

ที่เผยแพร่ออกมาอย่างมากมาย ทั้งในแถบยุโรป และอเมริกา ในแถบเอเชีย ประเทศญี่ปุ่น และอินเดีย ก็มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็นการใหญ่สำหรับประเทศไทยก็ได้มีการศึกษาวิจัยกันไม่นานมานี้เอง

2.1.3 ขอบเขตของอุตุนิยมวิทยาเกษตร

อุตุนิยมวิทยาเกษตรเป็นวิทยาการที่ว่าด้วยลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบๆ สิ่งมีชีวิตที่กำลังเจริญเติบโต เป็นวิทยาการที่นำเอากฎเกณฑ์ต่างๆ ทางฟิสิกส์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาถึงภาวะและวิธีการทางกายภาพที่เกิดขึ้นในอากาศชั้นใกล้ผิวดิน (ระดับ 2 เมตร) ตลอดจนถึงชั้นดินที่รากพืชสามารถหยั่งรากไปถึง ศึกษาถึงการถ่ายเทอากาศในดินการหมุนเวียนของอากาศทั้งในแนวตั้งและแนวนอนบริเวณใกล้ผิวดิน การศึกษาการสมดุลความร้อนและน้ำในดิน นอกจากนี้อุตุนิยมวิทยาเกษตรก็รวมถึงการศึกษาทางด้านพลังงานสุริยะรังสีองค์ประกอบ และความเข้มข้นของสุริยะรังสีที่ได้รับในบริเวณที่มีการเพาะปลูก รวมทั้งการตรวจวัดพลังงานรังสี เพื่อนำเอาไปใช้เป็นประโยชน์ โดยตรงอีกเป็นการศึกษาบรรยากาศของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับชั้นที่พืช และสัตว์เจริญเติบโตลงมาจนกระทั่งที่ระดับรากพืช

อุตุนิยมวิทยาเกษตรไม่เพียงแต่ศึกษาเฉพาะภาวะ และกระบวนการทางกายภาพที่เกิดขึ้นในอากาศระดับใกล้ผิวดินเท่านั้น ยังเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการควบคุมภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เช่น น้ำค้างแข็ง ความแห้งแล้ง และสภาวะอื่นๆ ที่ไม่เหมาะสม ศึกษาถึงทิศทางลม อุณหภูมิอากาศ และความชื้น ซึ่งเป็นตัวการในการแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนสเปิร์มของเชื้อโรคต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์ รวมทั้งการระบาดของแมลงศัตรูพืชและปศุสัตว์อีกด้วย จะเห็นได้ว่าวิทยาการทางด้านอุตุนิยมวิทยาเกษตรนั้นมีขอบเขตที่กว้างขวาง อาจกล่าวโดยสรุปว่า อุตุนิยมวิทยาเกษตรเป็นการศึกษาถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ตั้งแต่ชั้นบรรยากาศที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ลงมาจนถึงชั้นอากาศใกล้ผิวดินตลอดจนถึงระดับความลึกของดินที่รากพืชสามารถหยั่งไปถึง

เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงขอบเขตของอุตุนิยมวิทยาเกษตรได้แจ่มชัดยิ่งขึ้น จึงขอเสนอหัวข้อเรื่องในการศึกษาวิจัยในระดับหรือสเกลต่างๆ ตั้งแต่ระดับโลกลงมาจนกระทั่งถึงระดับต้นพืชหรือสัตว์เดี่ยวๆ และผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาดังกล่าว ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

สเกล	หัวข้อเรื่อง	ประโยชน์ที่จะได้รับ
ระดับโลก	กลไกลของภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลง	การวางแผนระยะยาวในระดับชาติและระหว่างชาติ
ระดับชาติ	ลักษณะของภูมิอากาศ	การวางแผนของรัฐบาลเพื่อการพัฒนาประเทศ
	การตรวจวัดภูมิอากาศ	การวางแผนของรัฐบาล การแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างชาติ การเข้าใจถึงวิทยาการด้านภูมิอากาศ
	การพยากรณ์ในช่วงสั้นๆ หรือช่วฤดูกาล ความเป็นไปได้และขีดจำกัดของภูมิอากาศ	การวางแผนระดับชาติ การส่งเสริมการเกษตร การบริการให้คำแนะนำเกษตรกร
ภูมิภาค	การสมดุลของน้ำ	การพัฒนาแหล่งน้ำ การวางแผนการชลประทาน การพยากรณ์ฤดูกาล
	ดินและปฏิกิริยาร่วมกับภูมิอากาศ	การวางแผนการพัฒนา การปรับปรุงการปฏิบัติการเกษตรกรรม
	การระบาดของโรคและแมลง	ควบคุม และการลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในทุกระดับ
ฟาร์ม	ปัญหาทางด้านวิศวกรรมรวมทั้งการชลประทาน สิ่งก่อสร้าง	การจัดการน้ำโดยเกษตรกร การใช้ประโยชน์ของอาคาร สิ่งก่อสร้างสำหรับเก็บผลิตผลและอาคารของสัตว์เลี้ยง
	ภูมิอากาศใกล้ผิวดินรวมถึงอิทธิพลของการใช้ร่มเงา อิทธิพลที่มีต่อดิน การตอบ-สนองของพืชต่อสภาพแวดล้อม	การใช้และการจัดการที่ดินอย่างเหมาะสม เรือนกระจก
	การตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อม	การพยากรณ์ฤดูกาลเพาะปลูก การวางแผนการให้น้ำ การปรับปรุงปฏิบัติทางการเกษตร การคัดเลือก ผสมพันธุ์พืช
	การตอบสนองของสัตว์ต่อสภาพแวดล้อม	การปรับปรุง การจัดการ การคัดเลือกผสมพันธุ์สัตว์
พืช	การสังเคราะห์แสง ผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อกระบวนการสรีรวิทยาของพืช	เป็นวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่จะอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น การทำนายพื้นที่ที่อาจปรับปรุงได้

สเกล	หัวข้อเรื่อง	ประโยชน์ที่จะได้รับ
สัตว์	ผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อกระบวนการสรีรวิทยาของสัตว์	เป็นวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่จะอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น การทำนายพื้นที่ที่อาจปรับปรุงได้
ทั่วไป	เทคนิคการวิจัย การตรวจวัดในสนามและในห้องปฏิบัติการ การก่อตั้งสถานีวิจัยและให้คำแนะนำปัญหา ด้านเศรษฐกิจ สังคมต่อการพัฒนาการเกษตร การใช้พลังงานทางการเกษตร	สำหรับงานวิจัยขั้นพื้นฐานและการตรวจวัด เพื่อจะเป็นข้อมูลทั่วๆไปของพื้นที่นั้นๆ การให้การบริการในด้านการส่งเสริมและการวางแผนพัฒนา

จากหัวข้อเรื่องดังกล่าวข้างต้นจะเห็นว่า ขอบเขตของวิชาอุตุนิยมวิทยาเกษตรนั้นกว้างมาก ดังนั้นจึงมีส่วนที่คาบเกี่ยวกับวิชาการแขนงอื่นๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังเช่น ภูมิอากาศเกษตร นิเวศวิทยาของพืช ฟีโนโลยีการเกษตร ภูมิอากาศ วิทยาประยุกต์ อุตุนิยม-ชีววิทยา และสรีรวิทยาของพืช-สัตว์ ฯลฯ แม้ว่าวิทยาการต่างๆ ดังกล่าวจะมีส่วนละม้ายคล้ายคลึงกันในบางส่วน อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของแต่ละสาขาวิชาก็สามารถแยกแยะออกมาได้โดยเข้าสู่ถึงวิธีการขั้นพื้นฐานของแต่ละวิชารวมถึงขอบเขตของแต่ละวิชาด้วย

2.1.4 อุตุนิยมวิทยาและบทบาทสำคัญต่อการเกษตร

องค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกษตร ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้น ลม หยาดน้ำฟ้า น้ำระเหย เหล่านี้เป็นต้น องค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าวมานี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์มาก การเติบโต การเจริญ การให้ผลผลิตสูงตลอดจนคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรมีความเกี่ยวพันกับความพอเหมาะพอดีขององค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาหลายๆอย่างผสมผสานเข้าด้วยกัน

2.2 รังสีดวงอาทิตย์

แหล่งของพลังงานที่สำคัญที่สุดของเราคือพลังงานรังสีดวงอาทิตย์หรือพลังงานสุริยรังสีซึ่งเป็นรากฐานของกระบวนการทางกายภาพเคมีและปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเมื่อรังสีดวงอาทิตย์แผ่มาถึงขอบบนสุดของบรรยากาศและทะลุผ่านบรรยากาศชั้นต่างๆลงมาสู่พื้นผิวโลกก็ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆต่อเนื่องกันทั้งนี้รวมถึงการทำให้ท้องฟ้ามีสีน้ำเงิน การฟุ้งกระจายของแสงและการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆให้เห็นอีกเป็นจำนวนมากยกตัวอย่างเช่น รุ้งกินน้ำพระอาทิตย์ทรงกลด ฯลฯ

การที่พื้นโลกแต่ละแห่งได้รับพลังงานรังสีไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศ เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ และเป็นตัวการทำให้เกิดการหมุนเวียนโดยทั่วไปของบรรยากาศ นอกจากนี้ พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ยังเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ การแพร่กระจายของไอน้ำตลอดทั้งโลกซึ่งทำให้เกิดเมฆและหยาดน้ำฟ้าในที่สุด ภายใต้การหมุนเวียนของบรรยากาศนี้มีส่วนทำให้เกิดการไหลของกระแสน้ำในทะเลและมหาสมุทร ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งในการเคลื่อนย้ายความร้อนจากบริเวณละติจูดต่ำๆไปยังแถบขั้วโลก

พืชใช้ประโยชน์ของพลังงานสุริยรังสีประมาณ 3% ของพลังงานรังสีทั้งหมดที่มาถึงพื้นโลก เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง พลังงานรังสีที่กักเก็บไว้เป็นจำนวนมากและสะสมไว้เป็นเวลานานอยู่ในรูปของถ่านหินและน้ำมัน และพลังงานในรูปของไบโอแมส (biomass) เหล่านี้เป็นต้น

2.2.1 อิทธิพลของพลังงานรังสีที่มีต่อการเติบโตของพืชและสัตว์

พลังงานสุริยรังสีมีบทบาทต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ กระบวนการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นในคลอโรฟิลล์ของใบพืชก็จำเป็นต้องใช้พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ การระเหยน้ำจากแปลงพืชพรรณต่างๆ ก็ต้องการพลังงานรังสีเป็นจำนวนมาก พบว่าน้ำที่สูญเสียไปจากต้นพืชนี้มีมากเป็นจำนวนหนึ่งร้อยเท่าของน้ำหนักแห้งของพืชเอง

สุริยรังสีในแถบคลื่นแสงโดยเฉพาะแสงสีน้ำเงิน-ม่วง และรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นตัวที่ลดการเติบโตของพืช บริเวณภูเขาที่ซึ่งมีความเข้มข้นของพลังงานรังสีสูง พืชต้องสร้างอวัยวะพิเศษในการป้องกันรังสีที่มากเกิน การลดประมาณพื้นที่ใบต่อการรับแสงอาทิตย์ที่มากเกินก็มีส่วนลดการสูญเสียน้ำจากต้นพืชด้วย พืชที่ขึ้นในที่ที่มีร่มเงามีการเจริญทางด้านความยาวอย่างรวดเร็ว แต่ไม่สร้างคลอโรฟิลล์จึงทำให้มีลักษณะสีเหลืองซีด เมื่อพืชได้รับแสงอย่างพอเพียงการเจริญของพืชก็เป็นไปตามปรกติ

พืชไม่เหมือนสัตว์ในแง่ที่ว่า พืชไม่สามารถเสาะหาร่มเงาหรือที่กำบังเมื่อเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นพืชจึงต้องมีการปรับตัวให้อยู่รอดกับสภาวะต่างๆ การเจริญของพืชมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพของแสงอาทิตย์ สนที่ขึ้นในบริเวณที่โล่งเตียนจะแตกกิ่งก้านสาขาแผ่เป็นบริเวณกว้าง ลำต้นหนาแต่เรียวบริเวณส่วนยอด คาโนปีของสนมีลักษณะรูปร่างคล้ายกับกระโจม ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุดในทางตรงข้ามบริเวณที่มีสนขึ้นหนาแน่นหรือสนที่เติบโตปะปนกับพรรณไม้ชนิดอื่นๆ จะพยายามหลีกเลี่ยงร่มเงาเพราะต้องการรับพลังงานแสงให้มาก ดังนั้นการเจริญทางกิ่งก้านในแนวระดับจึงลดลงแต่จะเพิ่มการเจริญในแนวดิ่ง โดยการเพิ่มความสูงให้อยู่เหนือกว่าต้นไม้บริเวณรอบๆผลลัพธ์คือลำต้นสูงชะลูดมีกิ่งก้านสาขาเล็ก

การที่พืชสามารถที่จะหันเหหรือโค้งส่วนโค้งส่วนหนึ่งของมันไปในทิศทางใดๆ ขึ้นอยู่กับลำแสงอาทิตย์ที่สองลงมาวิธีนี้เรียกว่า“Phototroprism” ซึ่งมีทั้งค่าบวกและค่าลบในกรณีที่พืชพยายามเคลื่อนอวัยวะบางส่วนเข้าหาลำแสงอาทิตย์ Phototroprism มีค่าเป็นบวกแต่ถ้ามีอวัยวะบางส่วนเคลื่อน

หนีจากลำแสงอาทิตย์ก็จะมีค่าเป็นลบตัวอย่างเช่น ต้นทานตะวันจะหันเหดอกให้มีทิศทางที่ตั้งฉากกับลำแสงอาทิตย์ในทางตรงข้ามรากพืชจะแทงรากหนีจากแสงอาทิตย์อย่างไรก็ตาม Phototroprism ที่มีค่าเป็นบวกนี้จะกลับกลายเป็นค่าลบได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของพลังงานรังสี

พืชที่ขึ้นในบริเวณแห้งแล้งจะปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยโดยเอียงขอบไปเข้าหาลำแสงอาทิตย์ ดังเช่น ต้นยูคาลิปตัส และอะคาเซียที่ปลูกในประเทศออสเตรเลีย พืชชนิดอื่นๆ ก็ตอบสนองต่อพลังงานรังสีที่มากเกินในช่วงเวลากลางวัน โดยวิธีการจัดเรียงตัวของใบโดยให้พลังงานรังสีที่ได้รับต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใบให้น้อยที่สุด

พลังงานรังสียังมีอิทธิพลต่อส่วนประกอบทางเคมีของพืชและผลไม้อีกด้วยยกตัวอย่างเช่นน้ำตาลในหัวบีทจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนวันที่มีแสงแดดที่ต้นบีทได้รับตลอดทั้งฤดูกาลเพาะปลูกถ้าจำนวนวันที่มีแสงแดดมากปริมาณน้ำตาลในหัวบีทก็ยิ่งสูงขึ้นในองุ่นก็มีการตอบสนองต่อแสงอาทิตย์เช่นเดียวกันคุณภาพและปริมาณน้ำตาลในผลองุ่นก็ขึ้นอยู่กับพลังงานรังสีที่ได้รับระหว่างฤดูกาลเพาะปลูกคุณภาพของผลจะสูงขึ้นเมื่อได้รับพลังงานรังสีมาก

รังสีดวงอาทิตย์ในบางครั้งก็เป็นสาเหตุให้เกิดพิษในผลิตผลทางเกษตรเช่นหัวมันฝรั่งที่ได้รับแสงอาทิตย์ผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวมีอัลคาลอยด์โซลานินสะสมมากขึ้นในกรณีเช่นนี้จะเป็นอันตรายเมื่อนำไปบริโภค

2.2.2 อิทธิพลของความยาวนานของแสงแดดต่อการเจริญเติบโตของพืช

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์โดยย้อนกลับมาที่เดิมในเวลา 1 ปีทางโคจรของโลกมีลักษณะเป็นวงรีและดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดโฟกัสอันหนึ่งของวงรีนั้นในลักษณะเดียวกันโลกก็หมุนรอบตัวเองครบรอบในเวลา 1 วันโดยเส้นแกนหมุนรอบตัวเองนี้ไม่เปลี่ยนทิศทางจะชี้ในทิศทางเดิมในอวกาศอยู่เสมอขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ซึ่งแกนหมุนรอบตัวเองของโลกนี้จะเอียงทำมุม 66.5 องศากับระนาบวงโคจรของโลกเสมอ(หรือที่เรียกว่า“ระนาบสุริยวิถี”) หรืออีกนัยหนึ่งมุมระหว่างระนาบศูนย์สูตรของโลกจะทำมุม 23.5 องศากับระนาบสุริยวิถีตลอดเวลา

จากลักษณะดังกล่าวมานี้ทำให้มุมระหว่างระนาบศูนย์สูตรของโลกและลำแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปตามวันในรอบปีโดยอยู่ระหว่าง +23.5 องศาและ -23.5 องศาจากเหตุผลดังกล่าวทำให้ความยาวนานของชั่วโมงที่ได้รับแสงแดดเปลี่ยนแปลงไปตามวันในรอบปีและขึ้นอยู่กับตำแหน่งต่างๆ (ละติจูด) บนพื้นโลกในฤดูร้อนแกนหมุนของโลกอยู่ในตำแหน่งหันเข้าหาดวงอาทิตย์ทำให้ ซีกโลกเหนือได้รับแสงแดดยาวนานขึ้นซึ่งจะเพิ่มขึ้นตาม ละติจูดที่สูงขึ้นดังนั้นในแถบขั้วโลกจึงมีแสงแดดตลอด 24 ชั่วโมงในวันดังกล่าวในทางตรงข้ามบริเวณจะมืดตลอด 24 ชั่วโมงในช่วงฤดูหนาว

ด้วยเหตุผลเช่นนี้จึงทำให้พืชและสัตว์ได้รับแสงแดด(นับเป็นจำนวนชั่วโมง)แตกต่างกันตามฤดูกาลและสถานที่ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดปฏิกิริยาต่อพืชและสัตว์ซึ่งเรียกว่า “Photoperiodism” เพื่อจะออกดอกช้าหรือเร็วหรือไม่แตกช่อดอกเลยเมื่อเติบโตในช่วงความยาวนานวันที่แตกต่างกัน

พืชวันสั้น (ต้องการแสงแดดไม่เกิน 10 ชั่วโมงต่อวัน) ได้แก่ ข้าวข้าวโพดข้าวฟ่างถั่วเหลืองยาสูบ ซึ่งเติบโตได้ดีในเขตร้อนจะออกดอกเร็วเมื่อปลูกในฤดูที่มีช่วงความยาวนานของวันหรือมีแสงแดดไม่เกิน 10 ชั่วโมง หากปลูกในฤดูที่ที่มีความยาวนานวันเกิน 14 ชั่วโมงพืชเหล่านั้นจะเจริญทางลำต้นกิ่งก้านและใบเรื่อยไปไม่มีการออกดอกยกตัวอย่างเช่นถั่วเหลืองบางพันธุ์เมื่อได้รับแสงแดดวันละ 5 ชั่วโมงจะออกดอกภายใน 27 วันแต่ถ้าหากได้รับแสงแดดวันละ 12 ชั่วโมงต้องใช้เวลานานถึง 110 วันจึงจะออกดอก

พืชวันยาว (ต้องการแสงแดดเกิน 14 ชั่วโมงต่อวัน) ซึ่งเป็นพืชที่เติบโตได้ดีในเขตหนาว ได้แก่ ข้าวสาลี มันฝรั่ง ผักกาดหอม เมื่อนำไปปลูกในฤดูที่มีวันสั้นพืชเหล่านี้จะไม่ออกดอก

อย่างไรก็ตาม มีพืชบางชนิดที่ออกดอกได้ทุกฤดูกาล ไม่ว่าจะอยู่ในช่วงที่มีความยาวนานของวันสั้นหรือยาว ซึ่งเรียกพืชจำพวกนี้ว่า day-neutral plant ได้แก่ มะเขือเทศ แตงกวา กะหล่ำปลี ฯลฯ

สัตว์บางชนิดก็มีการตอบสนองต่อ Photoperiodismเช่นเดียวกับพืชโดยเฉพาะในด้านการสืบพันธุ์ จากการวิจัยในไก่พันธุ์ไข่พบว่า เมื่อควบคุมช่วงความยาวนานวันให้คงที่ตลอดอายุของไก่ (500 วัน) ในระดับ 6 และ 14 ชั่วโมง/วันพบว่า ผลผลิต (ไข่) ของไก่ที่ได้รับช่วงความยาวนานวัน 6 ชั่วโมงน้อยกว่าไก่ที่ได้รับแสงนาน 14 ชั่วโมงถึง 10%

ความสำคัญของรังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อการเกษตรพอสรุปได้ดังนี้

- ใช้ในการสังเคราะห์แสง
- ช่วยกระตุ้นการออกดอกของพืช
- ทำให้พืชและผลิตผลของพืชแก่
- ใช้ในกระบวนการคายน้ำของพืช
- ใช้ในกระบวนการระเหยน้ำ
- ทำให้พืชกับวัตว์เติบโตและแข็งแรง
- ช่วยในการขยายพันธุ์
- ช่วยในการสลายตัวของอิทรียวัตถุ

2.3 อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดิน

ความสำคัญของอุณหภูมิอากาศที่มีต่อการเกษตรนั้นเป็นที่ทราบกันดีทุกๆ ขั้นตอนการเจริญและเติบโตของพืชต้องการอุณหภูมิอากาศในระดับต่างๆ กันยกตัวอย่างเช่นในระยะแรกของการเจริญเติบโตของพืชทนหนาวต้องการอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกับ 0°ซ เมื่อพืชเริ่มเจริญเติบโตต่อมาอุณหภูมิอากาศจะมีความเกี่ยวพันอย่างใกล้ชิดกับอัตราการเจริญของพืชเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นๆ อัตราการเจริญเติบโตก็เพิ่มขึ้นตามทางตรงข้ามเมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำลงๆ พืชจะเริ่มตาย

ในที่ๆ มีอุณหภูมิอากาศสูงรวมกันกับอากาศแห้งมากลมแรงมีผลต่อการละเหยน้ำมากซึ่งจะไปมีผลกระทบต่อการเจริญของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะการติดเมล็ดการขนถ่ายสารอาหารจากใบพืช

ไปยังเมล็ดที่อยู่ในระยะเติบโตหยุดชะงัก ผลที่ตามมาก็คือเมล็ดจะลีบ N.A.Maisuryan ได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการเติบโตของพืชในระยะติดเมล็ดอย่างมากที่อุณหภูมิอากาศสูง (15-25°ซ) อัตราการแก่หรือสุกของเมล็ดเร็วขึ้น และมีน้ำหนักของเมล็ดสูง ในทางตรงข้ามระยะเวลาการแก่ตัวของเมล็ดช้าน้ำหนักเมล็ดน้อยในสภาพที่อุณหภูมิอากาศต่ำ

2.3.1 บทบาทของอุณหภูมิอากาศที่มีต่อพืช

การเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เหมาะสมกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช กระบวนการต่างๆที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศ ได้แก่กระบวนการสังเคราะห์แสงกระบวนการหายใจ การดูดน้ำและธาตุอาหารพืชปฏิกิริยาทางเคมีและปฏิกิริยาของเอนไซม์เหล่านี้เป็นต้น พืชส่วนใหญ่จะไม่สังเคราะห์แสงเมื่อระดับของอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 10°ซ แต่ถ้าอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นๆ กระบวนการสังเคราะห์แสงก็เพิ่มขึ้นตามจนกระทั่งอุณหภูมิอากาศที่ 30°ซ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

อุณหภูมิต่ำทำให้อัตราการเจริญเติบโตของพืชลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากการลดกิจกรรมต่างๆ ในเซลล์พืชเช่นการขาดการส่งถ่ายอาหารภายในต้นพืชผลของอุณหภูมิอากาศต่ำที่มีต่อการเติบโตของพืชพอสรุปได้ดังนี้

- การขยายพื้นที่ใบลดลง
- การเพิ่มจำนวนกิ่งมากแต่การเจริญส่วนยอดลดหรือช้าลง
- การขนถ่ายสารอาหารไปสู่ส่วนต่างๆลดลง
- กระบวนการหายใจลดลง
- การออกดอกและผลอาจเร็วผิดปรกติโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิตอนกลางคืนต่ำ
- ผลอาจจะเล็ก
- การแจกจ่ายผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสงในต้นพืชไม่ดำเนินไปตามปรกติ

อุณหภูมิอากาศที่สูงเกินระดับปรกติก็มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นเดียวกัน พืชที่กำลังเติบโตไม่สามารถอยู่รอดเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงเกิน 40°ซ เป็นระยะเวลานานอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ได้มีการบันทึกมาสำหรับพืชชั้นสูงคือที่ 65°ซ แต่พืชก็ไม่สามารถทนได้เมื่ออุณหภูมิอากาศเกิน 55°ซ ติดต่อเป็นเวลานานสาเหตุที่พืชไม่สามารถอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงคือ เกิดการสูญเสียน้ำโดยกระบวนการคายน้ำทำให้พืชเกิดอาการแห้งอัตราการคายน้ำของพืชยิ่งมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงทั้งนี้ก็เพราะมีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายของน้ำและยังเป็นส่วนช่วยเพิ่มความจุความชื้นของอากาศระหว่างพืชและอากาศรอบๆ พบว่า ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 70% และอุณหภูมิใบพืชสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 5°ซ จะทำให้อัตราการคายน้ำเพิ่มเป็น 2 เท่า

บทบาทอีกอย่างหนึ่งของอุณหภูมิอากาศสูงคือมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยปรกติอัตราการหายใจของพืชเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นซึ่งมากกว่าการสังเคราะห์แสงจึงทำให้ความสมดุล

ระหว่างสองกระบวนการดังกล่าวถูกกระทบกระเทือนอาหารที่สำรองไว้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงหมดไปซึ่งจะนำไปสู่การตายของพืชได้

2.3.2 อุณหภูมิดิน

อุณหภูมิดินนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งอันหนึ่งในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช พืชทุกชนิดต้องการปริมาณความร้อนในดินจำนวนหนึ่งเพื่อการเกิดดอกออกผล ถ้าปริมาณความร้อนในดินไม่พอเพียงพืชก็ไม่สามารถที่จะหาความร้อนจากที่ใดมาทดแทนได้ อิทธิพลของอุณหภูมิดินที่มีต่อพืชจึงเป็นสิ่งที่ต้องหลงเหลืออยู่ตลอดทั้งฤดูกาลเพาะปลูก

การงอกของเมล็ดพืชชนิดหนึ่งๆ จะต้องการอุณหภูมิในระดับที่มีขอบเขตจำกัดขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ยกตัวอย่างเช่น ดอกทานตะวันจะงอกเป็นต้นอ่อนได้เมื่ออุณหภูมิดินถึง 5°ซ แต่เมื่ออุณหภูมิดินสูงขึ้นการงอกของเมล็ดก็จะเร็วขึ้น ช่วงอุณหภูมิดินที่เหมาะสมสำหรับการงอกของต้นทานตะวันอยู่ระหว่าง 31-37°ซ

อุณหภูมิดินก็มีอีทธิพลต่อการเจริญต่อระบบรากยกตัวอย่างเช่น พืชทนหนาวจะมีการเจริญของรากได้ดีเมื่ออุณหภูมิดินอยู่ในช่วง 6-10°ซ การลดลงของอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศอย่างช้าๆ พืชยังแข็งแรงและสามารถสังเคราะห์น้ำตาล แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วและต่ำกว่าศูนย์องศาความแข็งแรงทนทานของพืชลดต่ำลง

บทบาทและความสำคัญของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดินต่อการเกษตรพอที่จะสรุปได้ ดังนี้

- ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช
- ช่วยให้พืชแก่
- ช่วยทำให้อินทรีย์วัตถุเน่าเปื่อย
- ช่วยควบคุมการหายใจของพืชและการเต้นของหัวใจของสัตว์
- อุณหภูมิช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช
- อุณหภูมิช่วยเร่งการหายใจของพืชและสัตว์
- อุณหภูมิสูงทำให้สัตว์กินอาหารน้อยลงเติบโตช้าผลผลิตลดลง
- อุณหภูมิสูงทำไรกินและรส ของผลิตผลของพืช
- อุณหภูมิสูงทำให้การสะสมแป้งและน้ำตาลในพืชลดลง
- อุณหภูมิสูงทำให้สัตว์มีการต้านทานต่อโรคน้อยลง
- อุณหภูมิสูงทำให้การระบาดของแมลงเพิ่มขึ้น

2.4 ความชื้นในบรรยากาศและในดิน

2.4.1 ความชื้นในบรรยากาศ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าในบรรยากาศของโลกเราประกอบด้วยก๊าซต่างๆผสมกันอยู่หลายชนิด น้ำก็เป็นส่วนประกอบของบรรยากาศด้วยโดยอยู่ในสถานะที่เป็นไอซึ่งเรียกว่า“ไอน้ำ”ไอน้ำในบรรยากาศนี้โดยปรกติไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่าแต่บางสภาวะที่อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนไป (ลดลง) ไอน้ำจะอิ่มตัวกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเช่นน้ำค้างเมฆและหมอกเป็นต้นไอน้ำหรือความชื้นในบรรยากาศนี้มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์เป็นอย่างมากความสำคัญของความชื้นในอากาศที่มีต่อการเกษตร ได้แก่

- ลดความเข้มข้นของพลังงานรังสีที่พืชได้รับ
- ช่วยให้พืชเจริญเติบโต
- ช่วยควบคุมการระเหยน้ำและการคายน้ำของพืช
- ช่วยไม่ให้ผิวหนังสัตว์แห้ง
- ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย

2.4.2 ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินมีความสำคัญยิ่งในการเจริญเติบโตของพืชนับตั้งแต่เริ่มงอกจนกระทั่งแก่ตัวเต็มที่ เซลล์ที่มีชีวิตในต้นพืชจะดูดเอาความชื้นในดินเพื่อจะนำเอาอาหารธาตุมาเลี้ยงลำต้นและคายความชื้นออกทางปากใบเพื่อควบคุมอุณหภูมิในเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโต น้ำที่พืชได้จากดินและขับออกสู่บรรยากาศ โดยกระบวนการคายน้ำทางใบ ในกรณีที่อัตราการดูดน้ำจากดินน้อยกว่าอัตราการคายน้ำพืชจะเหี่ยวเฉาซึ่งเป็นเหตุให้พืชชะงักการเจริญเติบโตถ้าความชื้นในอากาศสูงและอุณหภูมิที่ผิวใบต่ำลงอัตราการคายน้ำของพืชจะต่ำลง เมื่ออัตราการดูดน้ำจากดินมีค่ามากขึ้นพืชที่เหี่ยวเฉาก็กลับฟื้นคืนสู่ปรกติและเติบโตขึ้นอีกสภาพของภูมิอากาศจึงเป็นตัวกำหนดการใช้น้ำของพืชเกือบทั้งหมด พืชต้องการความชื้น (หรือน้ำ) ในดินมากในสภาวะที่ร้อนแห้งแล้งและลมแรงแต่ในวันที่อากาศเย็นลมสงบ และชุ่มชื้นความต้องการน้ำของพืชก็ลดน้อยลงความสำคัญของความชื้นในดินที่มีต่อการเกษตรพอสรุปได้ ดังต่อไปนี้

- ช่วยให้เมล็ดงอก
- ช่วยให้พืชเจริญเติบโต
- ช่วยลดความร้อนของใบพืชโดยการคายน้ำ
- ช่วยให้แร่ธาตุในดินละลายและเป็นประโยชน์ต่อพืช
- ช่วยให้อินทรียวัตถุเน่าเปื่อย
- ช่วยให้เชื้อราและแบคทีเรียเจริญเติบโต
- ช่วยควบคุมการหยั่งรากของพืช

2.5 การระเหย

2.5.1 การระเหยของน้ำจากผิวน้ำ

ไอน้ำในบรรยากาศในที่ต่างๆย่อมมีจำนวนไม่คงที่เมื่อมีการกลั่นตัวขึ้นในที่ใดที่นั่นก็มีจำนวนไอน้ำน้อยแต่ถ้ามีการระเหยเกิดขึ้นในที่ใดที่นั่นก็มีจำนวนไอน้ำมากลมเป็นตัวการที่ทำให้ไอน้ำแผ่กระจายไปในบรรยากาศไอน้ำในบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากทะเลมหาสมุทรที่ชื้น และพืชพรรณต่างๆ ในบรรยากาศชั้นสูงๆ ขึ้นไปไอน้ำจะเกิดขึ้นจากผลึกของหิมะ เมฆ และหมอก แต่ถึงอย่างไรก็ตามไอน้ำส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการระเหยจากผิวน้ำ

น้ำมากกว่า 20 พันล้านตันระเหยจากทะเลสาบแคสเปียนเป็นประจำทุกปีและนี่เป็นเพียง 1 ใน 10 ของน้ำที่ระเหยจากพื้นโลกชั้นของน้ำลึก 2 เมตรจะระเหยจากมหาสมุทรในเขตร้อนทุกปีไอน้ำเหล่านี้จะรวมตัวกันอยู่ได้โดยมีกระแสอากาศควบคุมอยู่รอบโลก

จำนวนความร้อนที่ใช้ในการระเหยของน้ำจากพื้นผิวน้ำจนกระทั่งเกิดเป็นไอนี้ต้องใช้ความร้อนประมาณ 600 แคลอรีจึงจะทำให้น้ำ 1 กรัม ระเหยกลายเป็นไออัตราการระเหยของน้ำย่อมขึ้นอยู่กับความชื้นความกดอากาศความเร็วลมลักษณะและขนาดของพื้นที่และอุณหภูมิในก็รณีที่เป็นทะเลความเค็มของน้ำและแฟกเตอร์อื่นๆก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง

2.5.2 การระเหยของน้ำจากดิน

อัตราการระเหยของน้ำจากดินที่โล่งแจ้งและเปียกชื้นจะมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการระเหยจากผิวหน้าน้ำในอุณหภูมิที่เท่ากันถ้าผิวพื้นดินแห้งลงไปอัตราการระเหยก็จะลดลงมากการละเหยของน้ำในดินจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อชั้นของดินที่ถูกไถพรวนซึ่งเป็นการสกัดกั้นน้ำในดินที่เคลื่อนขึ้นมาโดยหลอดฝอยในดินทำให้การระเหยต้องชะงักลง

ลักษณะและโครงสร้างของดินก็เป็นตัวการสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการระเหยของน้ำในดิน พืชที่ขึ้นปกคลุมดินก็เป็นตัวการอีกอันหนึ่งพื้นดินที่มีพืชปกคลุมอยู่จะมีการระเหยมากกว่าพื้นที่ๆ ว่างเปล่ารากของพืชที่แผ่กระจายอยู่ในระดับลึกต่างๆในดินจะดูดเอาน้ำจำนวนมากจากดินขึ้นมาข้างบนแล้วคายน้ำออกมาทางใบ

การระเหยของน้ำจากผิวพื้นดินนี้ยังขึ้นอยู่กับความชื้นในดินถ้าดินมีความชื้นมากก็มีการระเหยมากดินแห้งก็มีการระเหยน้อยนอกจากนี้แล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ อีกด้วย จากการทดลองของ Vizner ปรากฏว่าแม้จะมีลมพัดด้วยความเร็ว 3 เมตรต่อวินาทีซึ่งถือว่าเป็นลมอ่อน ก็จะทำให้เกิดการระเหยเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 20 เท่า

การสูญเสียน้ำจากดินโดยการระเหยต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งดังนั้นเมื่อมีการระเหยของน้ำเกิดขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศโดยรอบเย็นลงอัตราการระเหยของน้ำย่อมขึ้นอยู่กับความแรงของลมแสงแดดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศการระเหยจะมีมากเมื่อลมแรงแดดจัดอากาศร้อนและ

แห้งแล้งหน่วยสำหรับวัดจำนวนน้ำระเหยใช้เป็นมิลลิเมตรหรือนิ้วหากเราแบ่งดินในระดับรากพืชออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เมื่อเวลาน้ำระเหยไปจากดินจะทำให้ดินชั้นบนแห้งก่อนดินชั้นกลางจะหมาด ส่วนดินชั้นล่างยังคงเปียกเมื่อน้ำระเหยต่อไปจะทำให้ดินชั้นกลางแห้งดินชั้นล่างหมาด หากการระเหยของน้ำมีมากขึ้นก็จะทำให้ดินในระดับรากพืชแห้งหมดทุกชั้น

2.5.3 การระเหยของน้ำจากดินและพืช

จากที่กล่าวมาแล้วว่าสิ่งสำคัญที่ควบคุมการระเหยของพื้นผิวดินและผิวน้ำคือความชื้นในบรรยากาศลมและความร้อนจากดวงอาทิตย์ และสิ่งสำคัญที่กล่าวแล้วนี้ยังเป็นตัวการควบคุมการระเหยจากแปลงพืชด้วย

ดินที่มีสีเข้มจะร้อนเร็วกว่าและระเหยได้มากกว่า พืชคลุมดินช่วยเพิ่มการระเหยให้แก่ดินทั่วๆไป แต่ถ้าพืชคลุมนี้สูงเป็นร่มเงาถึง 1 เมตรจะช่วยป้องกันลมและความร้อนทำให้การระเหยลดน้อยลง

ปริมาณของน้ำที่เสียไปเพราะการระเหยนี้มีมากมายเกินกว่าจำนวนน้ำที่มีอยู่ในพืชหลายเท่า ในบริเวณที่มีพืชปกคลุมน้ำจะระเหยไปได้มากกว่าในที่โล่งแจ้งในกรณีนี้ได้มีการทดลองพบว่าน้ำที่ระเหยจากบริเวณที่มีพืชคลุมมีปริมาณมากกว่าที่ระเหยไปในที่โล่งแจ้งถึง 8.5 เท่า

พืชคายน้ำออกทางใบ ใบพืชซึ่งอยู่เหนือพื้นน้ำจะปล่อยให้น้ำระเหยเป็นไอออกไปตลอดเวลา น้ำที่พืชส่วนใหญ่คายออกทางใบเป็นน้ำซึ่งรากพืชดูดขึ้นมาจากพื้นดิน ข้าวโพดต้นหนึ่งคายน้ำประมาณ 2 ลิตรต่อวันต้นโอ๊คคายน้ำประมาณ 570 ลิตรต่อวันดังนั้นในวันหนึ่งๆ ไอน้ำในอากาศซึ่งเกิดจากการคายน้ำของพืชต่างๆจะมีจำนวนมากและไอน้ำจำนวนมากนี้ในที่สุดจะกลั่นตัวเป็นฝนตกลงมายังพื้นดิน อีกการคายน้ำทางใบของพืชจะเร็วหรือช้ามากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

- ความเข้มของแสงแดดการคายน้ำจะมีมากเมื่อเวลาแดดจัดหรือแสงมีความเข้มมากการคายน้ำจะลดลงเมื่อแสงมีความเข้มน้อย

- อุณหภูมิของอากาศเมื่ออุณหภูมิสูงหรืออากาศร้อนการคายน้ำของพืชจะมีมากหากอุณหภูมิต่ำใบพืชจะคายน้ำออก

- ความชื้นของอากาศหากอากาศแห้งหรือมีความชื้นน้อยใบพืชจะคายน้ำรวดเร็วและมาก แต่การคายน้ำจะลดลงเมื่ออากาศมีความชื้นมาก

- ลมลมที่พัดแรงจะนำเอาไอน้ำซึ่งระเหยออกจากใบพืชไปหมดทำให้ไอน้ำในบริเวณต้นพืชมีน้อย การระเหยของน้ำจากใบพืชจึงเกิดขึ้นได้ง่ายใบเพื่อจะคายน้ำมากเมื่อลมแรงหากลมสงบไอน้ำที่ระเหยออกจากใบพืชจะไม่ถูกพัดพาบริเวณต้นพืชจึงมีไอน้ำมากทำให้การระเหยของน้ำจากใบพืชลดลง

การคายน้ำทางใบของพืชนี้เป็นการช่วยลดความร้อนภายในต้นพืช และที่ใบพืชเมื่อเวลาแดดจัดช่วยให้รากพืชดูดน้ำได้มากขึ้นทำให้เกลือแร่ที่ผ่านเข้ามาทางรากเคลื่อนขึ้นสู่ต้นพืชรวดเร็วขึ้นทันความต้องการของพืช

จำนวนน้ำที่ระเหยไปจากดินและจำนวนน้ำที่พืชคายออกทางใบรวมกัน เรียกว่า “Evapotranspiration”ซึ่งเป็นจำนวนน้ำที่จะต้องให้แก่ดินเมื่อปลูกพืชความรวดเร็วในการสูญเสียน้ำจากดินไปโดย Evapotranspiration ย่อมขึ้นอยู่กับแสงแดดลมอุณหภูมิความชื้นในอากาศ และชนิดของพืชที่ขึ้นอยู่

2.5.4 ความสำคัญของน้ำที่มีต่อการเกษตร

- ใช้ในการปรุงอาหารของพืช
- ช่วยให้พืชและสัตว์เจริญเติบโต
- ช่วยรักษาระดับความร้อนภายในพืชและสัตว์
- ช่วยในการย่อยอาหารของสัตว์ช่วยการดูดซึม
- ช่วยให้แร่ธาตุละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์
- นำสารละลายผ่านรากเข้าไปในต้นพืชและส่วนต่างๆของพืช
- นำอาหารไปสู่ส่วนต่างๆของสัตว์
- ช่วยผสมพันธุ์ของสัตว์ในน้ำ
- ทำให้สปอร์ของโรคพืชและโรคสัตว์ระบาดแพร่หลาย
- ทำให้เกิดการชะล้างของดิน

2.5.5 วิธีป้องกันไม่ให้พืชขาดน้ำ

ก. เพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดิน
- รดน้ำ
- ทำดินให้โปร่ง

ข. ลดอัตราการระเหยของน้ำจากดิน
- ใช้วัตถุคลุมดิน
- ปลูกพืชคลุมดิน
- พลิกดิน

ค. ลดอัตราการคายน้ำของพืช
- ใช้ร่มเงา
- ใช้สิ่งกำบังลม
- ฉีดพ่นน้ำมันขี้ผึ้งเคลือบใบพืช
- ลดจำนวนใบพืช
- ไม่ปลูกพืชหนาแน่น
- กำจัดวัชพืช

ง. ผสมพันธุ์พืชให้ทนทานต่อความแห้งแล้ง

2.6 น้ำฟ้า

น้ำฟ้ามีความสำคัญยิ่งในทางเกษตรน้ำฟ้าส่วนใหญ่ที่เราได้ใช้ประโยชน์ในการเกษตรอยู่ในรูปของฝนและหิมะในประเทศไทยเราซึ่งอยู่ในเขตร้อนไม่มีหิมะฝนจึงเป็นตัวการสำคัญอันหนึ่งในทางเกษตร ฝนคือหยดน้ำที่มีขนาดแตกต่างกันออกไปมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 ถึง 3.5 มม. อัตราความเร็วของฝนที่ตกลงมายังพื้นดินถ้าเป็นเม็ดฝนขนาดใหญ่จะมีอัตราเร็ว 8 เมตรต่อวินาทีถ้าเม็ดเล็กลงอัตราเร็วจะลดลงตามลำดับและต้องขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสอากาศเท่าไหลขึ้น-ลงถ้าเม็ดฝนตกผ่านชั้นของอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100% เม็ดฝนนี้จะระเหยกลายเป็นไอน้ำไม่ตกถึงพื้นดิน เม็ดฝนที่ระเหยไปก่อนที่จะตกถึงพื้นดินนี้เราจะเห็นเป็นกลุ่มเมฆมืดครึ้มอยู่บนท้องฟ้า

เราทราบกันดีอยู่แล้วว่าพืชทุกชนิดไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ถ้าขาดน้ำน้ำที่พืชนำมาใช้ประโยชน์นี้ก็ได้มาจากฝนเป็นส่วนใหญ่พืชแต่ละชนิดย่อมต้องการน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันออกไปถ้ามีน้ำมากเกินไปพืชก็จะเน่าและตายไปในที่สุด

ฝนในประเทศไทยเรานั้นทางภาคเหนือเฉลี่ยแล้วจะมีปริมาณน้ำฝนในปีหนึ่งๆ ประมาณ 1,300 มม. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 1,200 มม. ภาคกลางประมาณ 1,500 มม. ภาคใต้ประมาณ 2,000 มม. ขึ้นไป

ความสำคัญของฝนที่มีต่อการเกษตรพอสรุปได้ดังนี้

- ฝนซึ่งแผลเป็นบริเวณกว้างช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดินและพืช
- ฝนโปรยหรือฝนละอองช่วยทำให้โรคพืชระบาดแพร่หลาย
- ฝนหนักทำให้พืชล้มเสียหายน้ำท่วมแปลงพืช
- ฝนหนักทำให้ผิวดินแน่น
- ฝนหนักทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์และอาหารธาตุในดินเนื่องจากถูกชะล้างซึ่งจะเพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดิน
- ฝนหนักและอุณหภูมิสูงช่วยให้การเน่าเปื่อยของอินทรียวัตถุรวดเร็วขึ้น
- ฝนหนักทำให้ผลผลิตของพืชซึ่งใกล้จะเก็บเกี่ยวได้รับความเสียหาย
- ฝนหนักทำให้การเกิดตาของพืชบางชนิดเช่นอ้อยลดน้อยลง
- ฝนหนักทำให้การระบาดของแมลงบางชนิดลดน้อยลง
- ฝนหนักเป็นอุปสรรคในการใช้เครื่องจักรทางการเกษตร

2.7 ลม

ในสมัยโบราณสิ่งแรกที่มนุษย์นำมาใช้ให้เป็นประโยชน์คือลมจะเห็นได้จากการรู้จักแล่นเรือโดยใช้ใบและกังหันลมก็เป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์แก่มนุษย์ในด้านการเกษตรชาวนาใช้กังหันลมเป็นเครื่องฉุดระหัดวิดน้ำการแพร่พันธุ์ของพืชตลอดจนเชื้อโรคและแมลงบางชนิดก็อาศัยลมเป็นตัวการสำคัญ

ความเร็วของลมในระดับใกล้ๆ พื้นดินจะมีความแตกต่างกันมากบริเวณที่ติดกับผิวพื้นดินความเร็วของลมจะลดลงเป็นอย่างมากเพราะผิวพื้นดินและพืชที่ปกคลุมอยู่จะเป็นตัวต้านทานความเร็วของลม

ในขณะที่ความเร็วของลมอยู่ในระดับสูงขึ้นไปจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอย่างไรก็ตามถ้าความเร็วของลมที่มีกำลังแรงขึ้นแรงต้านทานที่ผิวพื้นโลกก็จะลดน้อยลงความเร็วของลมบริเวณที่ปลูกพืชที่ใกล้ผิวพื้นดินโดยทั่วๆไปแล้วมักจะใกล้ๆศูนย์

ในการปลูกพืชบางชนิดลมเป็นอุปสรรคสำคัญในการเพาะปลูกพืชบางชนิดเช่นข้าวหรือข้าวโพดถ้าปลูกในที่ๆ มีลมแรงเกินไปต้นกล้าก็จะเอนล้มหรือถอนรากเสียหมดทำให้การเพาะปลูกไม่ได้ผลเต็มที่ ลมแรงจะช่วยเพิ่มการคายน้ำของพืชและการฟุ้งกระจายของเกสรถ้าไม่มีความชื้นในดินพอพืชคายน้ำมากไปลำต้นก็จะเหี่ยวเฉาเกสรของพืชถ้ามีการฟุ้งกระจายมากเกินไปการผสมพันธุ์ก็จะมีน้อยไม่ติดเมล็ดเพราะเกสรถูกลมพาไปที่อื่นเสียหมดฉะนั้นในการเพาะปลูกพืชชนิดใดก็ดีควรจะคำนึงถึงทิศทางและความเร็วลมในท้องที่นั้นๆ ไว้ด้วยความสำคัญของลมที่มีต่อการเกษตรพอสรุปได้ ดังนี้

- ช่วยถ่ายเทความร้อนของพืชและสัตว์
- ช่วยในการผสมเกสรและการกระจายของเมล็ดพืช
- ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในแปลงพืช
- เพิ่มการคายน้ำของใบช้าทำให้พืชเหี่ยว
- เพิ่มการละเหยของน้ำจากดินทำให้เกิดความแห้งแล้ง
- เปลี่ยนแปลงรูปทรงของพืช
- ทำให้โรคและแมลงศัตรูพืชระบาดแพร่หลาย
- ลมแรงทำให้พืชล้มกิ่งก้านและใบพืชฉีกขาดผลผลิตร่วงหล่นเสียหาย
- ลมแรงทำให้พืชและสัตว์ชะงักการเจริญเติบโต
- ลมแรงทำให้ผิวดินกร่อน ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์
- ลมแรงเป็นอุปสรรคต่อการพ่นยากำจัดศัตรูพืช

บทที่ 3
การเตรียมข้อมูล

ในบทบาทของของทางโครงการนอกจากการทำวิจัยร่วมกับทางบริษัทร่วมวิจัยยังมีการสนับสนุนการเชื่อมโยงข้อมูลหน่วยงานรัฐกับทางบริษัทร่วมวิจัย โดยทางทีมวิจัยทำหน้าที่รวมรวมข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์ รวมถึงตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำส่งให้บริษัทร่วมวิจัย ทั้งนี้ข้อมูลสำคัญคือ ข้อมูลภูมิอากาศ ซึ่งทางบริษัทร่วมวิจัยจำเป็นต้องได้ข้อมูลฝนที่ใกล้เคียงเวลาจริง (Real Time) ให้มากที่สุด ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงกับข้อมูลการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศล่วงหน้าที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ทางโครงการยังได้ทดสอบการเชื่อมต่อกับแม่ข่ายของบริษัทร่วมวิจัยเพื่อเลือกบริการ Cloud Service ที่เหมาะสมในการรับบริการจากบริษัทร่วมวิจัย

3.1 ข้อมูลสถิติของปริมาณฝน

- การดำเนินงาน

<u>ข้อมูลราย 3 ชั่วโมง จากกรมอุตุนิยมวิทยา</u>

การดึงข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีวัด เพื่อเก็บเป็นค่าสถิติ โดยทำการดึงข้อมูลจาก Api Weather 3 Hours ของกรมอุตุนิยมวิทยา จากนั้นเก็บข้อมูลลงใน mongodb

weather3Hours 0.919 s Fetch Count

	_id	stationNumber	nameThai	nameEnglish	province	latitude	longitude	dateTime	stationPressure	meanSeaLevelPr	airTemperature	dewPoint	relativeHumidity	vaporPressure	landVisi
1	ObjectId("5dfc16be606dfe5	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/20/2019, 7:00:00 AM	1,009.14 (1.0K)	1,009.58 (1.0K)	26.1	23.6	86	29.15	10
2	ObjectId("5dfbec8e6097e6	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/20/2019, 4:00:00 AM	1,008.34 (1.0K)	1,008.78 (1.0K)	26.5	22.8	80	27.77	20
3	ObjectId("5dfbc967f58c72c	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/20/2019, 1:00:00 AM	1,009.76 (1.0K)	1,010.2 (1.0K)	27	23.3	80	28.67	10
4	ObjectId("5dfb94aacc505ff	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 10:00:00 PM	1,010.72 (1.0K)	1,011.16 (1.0K)	28	23.6	77	29.19	10
5	ObjectId("5dfb6ba61952ba	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 7:00:00 PM	1,009.05 (1.0K)	1,009.48 (1.0K)	30	24.3	71	30.31	10
6	ObjectId("5dfb3df28b5686	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 4:00:00 PM	1,007.64 (1.0K)	1,008.07 (1.0K)	33.5	23.9	57	29.7	10
7	ObjectId("5dfb1747a4be6c	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 1:00:00 PM	1,009.32 (1.0K)	1,009.75 (1.0K)	33	23.7	58	29.25	10
8	ObjectId("5dfaed17e6f9f25	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 10:00:00 AM	1,011.96 (1.0K)	1,012.39 (1.0K)	30.5	24	68	29.89	10
9	ObjectId("5dfac2e613c7c7	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 7:00:00 AM	1,010.42 (1.0K)	1,010.85 (1.0K)	26.5	23.7	85	29.35	10
10	ObjectId("5dfa98b6dca1f7	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 4:00:00 AM	1,009.63 (1.0K)	1,010.07 (1.0K)	26.6	23.5	83	29	10
11	ObjectId("5dfa6e862191ff1	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/19/2019, 1:00:00 AM	1,011.3 (1.0K)	1,011.73 (1.0K)	27.4	23.3	78	28.61	10
12	ObjectId("5dfa432a641406	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 10:00:00 PM	1,012.56 (1.0K)	1,012.99 (1.0K)	27.9	24.3	81	30.37	10
13	ObjectId("5dfa17ce2138cd	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 7:00:00 PM	1,010.36 (1.0K)	1,010.8 (1.0K)	28.9	23.7	74	29.27	10
14	ObjectId("5df9eeca4e8f00(	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 4:00:00 PM	1,008.96 (1.0K)	1,009.39 (1.0K)	30.8	23.3	64	28.53	10
15	ObjectId("5df9c5c6c265d0	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 1:00:00 PM	1,010.25 (1.0K)	1,010.68 (1.0K)	30.7	24.6	70	30.06	10
16	ObjectId("5df9993e2d3298	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 10:00:00 AM	1,012.12 (1.0K)	1,012.56 (1.0K)	30.3	23.3	66	28.67	10
17	ObjectId("5df971652012 6e	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 7:00:00 AM	1,010.49 (1.0K)	1,010.93 (1.0K)	25.9	23.9	89	29.58	10
18	ObjectId("5df9473666703c	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 4:00:00 AM	1,009.59 (1.0K)	1,010.02 (1.0K)	26.5	23.7	85	29.35	10
19	ObjectId("5df91d071aa14(	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/18/2019, 1:00:00 AM	1,010.37 (1.0K)	1,010.81 (1.0K)	27	23.5	81	28.94	10
20	ObjectId("5df8f2cd5006034	48564	ภูเก็ต	PHUKET	ภูเก็ต	7.883	98.4	12/17/2019, 10:00:00 PM	1,010.81 (1.0K)	1,011.25 (1.0K)	27.5	24.3	83	30.42	10

รูปที่ 3.1-1 การบันทึกข้อมูลราย 3 ชั่วโมง

- ปัญหาที่พบ

Api Weather3Hours ทำงานไม่สมบูรณ์ การเรียกใช้บางครั้งจะได้ข้อมูลมาไม่ครบ ทำให้ต้องดึงซ้ำ แต่ไม่ได้รับประกันว่าเมื่อดึงซ้ำแล้วจะได้ข้อมูลทั้งหมด ทำให้ในบางช่วงเวลา อาจจะไม่มีข้อมูลของบางสถานีวัด

ข้อมูลการประมาณค่าฝนจากดาวเทียม จากกรมอุตุนิยมวิทยา

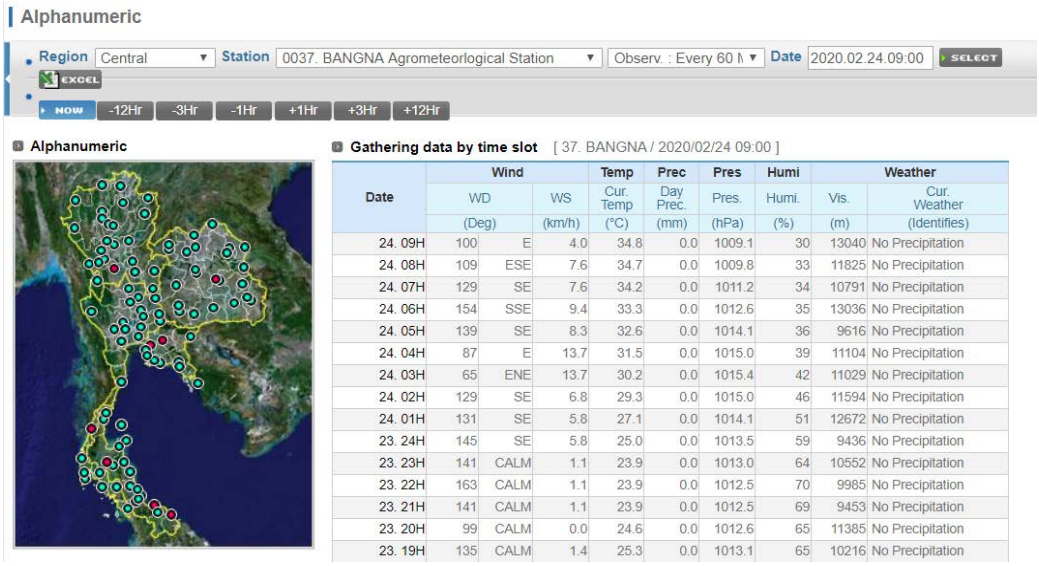
เขียนโปรแกรมทำการบันทึกข้อมูลรายวันจาก website http://www.satda.tmd.go.th/all_gsmap_csv.php โดยโปรแกรมจะทำงานทุกวัน วันละ 1 ครั้ง และบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ csv

```
00Z23FEB2020
Lat,Lon,STATION,00Z,01Z,02Z,03Z,04Z,05Z,06Z,07Z,08Z,
19.30000,97.83333,Mae Hong Son,   0.0,   0.0,   0.0,
18.16667,97.93333,Mae Sariang,   0.0,   0.0,   0.0,
19.96139,99.88139,Chaing Rai,   0.0,   0.0,   0.0,
19.87083,99.78278,Chaing Rai agr,   0.0,   0.0,   0.
19.1333,99.90000,Phayao,   0.0,   0.0,   0.0,   0.0,
18.77127,98.97255,Chai Mai,   0.0,   0.0,   0.0,   0
19.93138,99.04833,Doi Ang Khang,   0.0,   0.0,   0.0
18.77972,100.77777,Nan,   0.0,   0.0,   0.0,   0.0,
```

รูปที่ 3.1-2 ชุดข้อมูลประมาณค่าฝนจากดาวเทียม

ข้อมูลสถิติของปริมาณฝนราย 1 ชั่วโมงจาก AWS

เขียนโปรแกรมทำการบันทึกข้อมูลรายวันจาก website http://www.aws-observation.tmd.go.th/web/aws/aws_alphanumeric.asp โดยโปรแกรมจะทำงานทุกวัน วันละ 1 ครั้ง และมันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล mysql



Date	Wind		Temp	Prec	Pres	Humi	Weather	
	WD	WS	Cur. Temp	Day Prec.	Pres.	Humi.	Vis.	Cur. Weather
	(Deg)	(km/h)	(°C)	(mm)	(hPa)	(%)	(m)	(Identifies)
24. 09H	100	E	4.0	34.8	0.0	1009.1	30	13040 No Precipitation
24. 08H	109	ESE	7.6	34.7	0.0	1009.8	33	11825 No Precipitation
24. 07H	129	SE	7.6	34.2	0.0	1011.2	34	10791 No Precipitation
24. 06H	154	SSE	9.4	33.3	0.0	1012.6	35	13036 No Precipitation
24. 05H	139	SE	8.3	32.6	0.0	1014.1	36	9616 No Precipitation
24. 04H	87	E	13.7	31.5	0.0	1015.0	39	11104 No Precipitation
24. 03H	65	ENE	13.7	30.2	0.0	1015.4	42	11029 No Precipitation
24. 02H	129	SE	6.8	29.3	0.0	1015.0	46	11594 No Precipitation
24. 01H	131	SE	5.8	27.1	0.0	1014.1	51	12672 No Precipitation
23. 24H	145	SE	5.8	25.0	0.0	1013.5	59	9436 No Precipitation
23. 23H	141	CALM	1.1	23.9	0.0	1013.0	64	10552 No Precipitation
23. 22H	163	CALM	1.1	23.9	0.0	1012.5	70	9985 No Precipitation
23. 21H	141	CALM	1.1	23.9	0.0	1012.5	69	9453 No Precipitation
23. 20H	99	CALM	0.0	24.6	0.0	1012.6	65	11385 No Precipitation
23. 19H	135	CALM	1.4	25.3	0.0	1013.1	65	10216 No Precipitation

รูปที่ 3.1-3 หน้าเว็บไซต์ AWS

stationId	dateTime	windDegree	windDirection	windSpeed	temperature	rainfall	pressure	humidity	visibility
1	2020-02-11 00:00:00	41	CALM	0	19.8	0	978.7	79	11,238
1	2020-02-10 23:00:00	14	CALM	0	19.9	0	978.2	77	13,655
1	2020-02-10 22:00:00	358	CALM	0	20.3	0	977.8	76	15,604
1	2020-02-10 21:00:00	190	CALM	0	20.5	0	977.5	74	18,529
1	2020-02-10 20:00:00	118	CALM	0	20.9	0	977.4	73	18,893
1	2020-02-10 19:00:00	293	CALM	0	21.7	0	977.7	69	20,000
1	2020-02-10 18:00:00	141	CALM	0	22.5	0	978	66	20,000
1	2020-02-10 17:00:00	226	CALM	0	23.3	0	978.2	64	20,000
1	2020-02-10 16:00:00	132	CALM	0	24.4	0	978.2	57	20,000
1	2020-02-10 15:00:00	208	CALM	2.2	26.4	0	977.7	48	20,000
1	2020-02-10 14:00:00	237	CALM	2.9	26	0	977.1	51	20,000
1	2020-02-10 13:00:00	245	CALM	0	25.9	0	976.2	54	16,198
1	2020-02-10 12:00:00	323	CALM	0	27.1	0	975.4	49	17,290
1	2020-02-10 11:00:00	200	CALM	0	29.9	0	975	40	19,138
1	2020-02-10 10:00:00	222	CALM	3.2	33.3	0	974.9	31	19,726

รูปที่ 3.1-4 ตัวอย่างข้อมูลเว็บไซต์ AWS

เนื่องจากข้อมูลจาก AWS เป็นการรับข้อมูลจากสถานีอากศแบบอัตโนมัติ ทำให้ทางทีมงานจำเป็นต้องทดสอบความน่าเชื่อถึงของข้อมูล โดยการ ทำการ Export ข้อมูล TMD และ AWS อกกมาเป็นไฟล์ CSV และทำการเขียนโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

a. จัดกลุ่มข้อมูล AWS ให้อยู่ในช่วง 3 ชั่วโมงเท่ากับข้อมูล TMD
b. ทำการ Map สถานีของ AWS กับสถานีของ TMD โดยใช้ lattitude และ longitude
c. ทำการจัดข้อมูล recode ที่เวลาอยู่ในเวลาเดียวกันให้ตรงกัน
d. คำนวนหา recode ที่มีฝนตกในข้อมูล TMD หรือ AWS
e. คำนวนหาช่วงเวลาที่วัดฝนตกทั้ง 2 ข้อมูล หรือวัดได้เพียงฝั่งใดฝั่งหนึ่ง
f. นำ recode ที่มีการวัดค่าปริมาณฝนได้ไปทำการหาค่าความแตกต่างของปริมาณฝนระหว่าง TMD และ AWS ด้วยวิธี Mean Absolute Deviation
g. บันทึกผล โดยผลลัพธ์

- ปัญหาที่พบ

1. บางสถานีของ AWS ไม่มีสถานีที่ตรงกันใน TMD
2. บางสถานีไม่มีฝนตก หรือ มีฝนตกน้อย

3.2 ทดสอบความเร็วในการดึงข้อมูลจาก server ของ envision ผ่าน sftp

- การดำเนินงาน

เขียน script ดึงข้อมูลผ่าน sftpด้วยโปรแกรม winscp

เครื่องที่ใช้	เวลาที่ใช้
Instant บน Microsoft Azure	45 นาที
161.200.80.121	9 ชั่วโมง

- ปัญหาที่พบ

เครื่อง 161.200.80.121 วางอยู่บน Network ที่มีความเร็ว download ค่อนข้างน้อยทำให้ใช้เวลานาน อาจไม่สามารถใช้เป็นเครื่องสำหรับสำรองข้อมูลได้ เนื่องจากข้อมูลจะถูกสร้างใหม่ในทุกๆ 6 ชั่วโมง

ปัจจุบันทางโครงการได้เลือกใช้บริการของ Amazon Web Service (AWS) ซึ่งตอบรับการขอใบเสนอราคาเพียงเจ้าเดียว โดยได้ทำการทดสอบดึงข้อมูลจากแม่ข่ายบริษัทร่วมวิจัย โดยเขียน script ดึงข้อมูลผ่าน sftpด้วยโปรแกรม winscp ซึ่งผลที่ได้

เครื่องที่ใช้	**เวลาที่ใช้**
EC2 instance บน AWS ที่ Seoul	90 นาที

3.3 สร้างข้อมูลเทียมเพื่อใช้ในการทดลองโปรแกรมอ่านข้อมูล

- การดำเนินงาน

สร้างข้อมูลที่ประกอบด้วย

ชื่อ Attribute	คำอธิบาย
เวลา	เวลาที่พยากรณ์ โดยจะเป็นค่าทุกๆ 15 นาทีล่วงหน้า 3 วัน
Latitude	ค่า Latitude ที่อยู่ในประเทศไทย โดยมีช่วงทุกๆ 1 กิโลเมตร
Longitude	ค่า Longitude ที่อยู่ในประเทศไทย โดยมีช่วงทุกๆ 1 กิโลเมตร
Attribute 1	ตัวเลขสุ่ม
Attribute 2	ตัวเลขสุ่ม
Attribute 3	ตัวเลขสุ่ม
Attribute 4	ตัวเลขสุ่ม
Attribute 5	ตัวเลขสุ่ม

รูปที่ 3.3-1 ขอบเขตการศึกษาประเทศไทย

3.4 ทดลองอ่านข้อมูล

- การดำเนินงาน

เขียนโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลเทียมที่สร้างไว้ และบันทึกข้อมูลลงใน mongodb

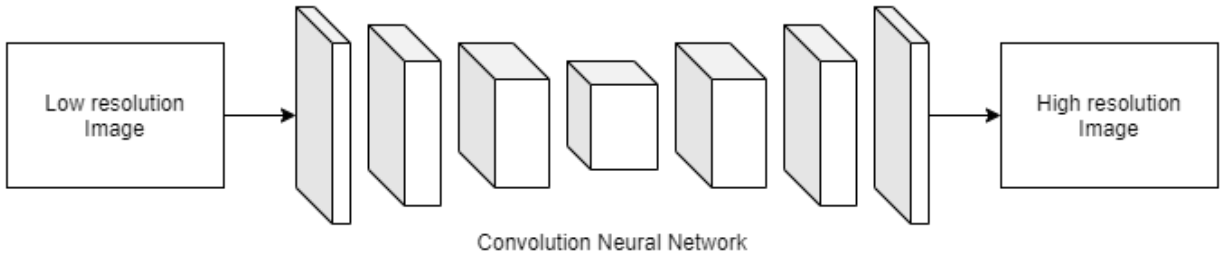
ตัวแปร	ผล
เวลาในการอ่านข้อมูล	10 วินาที ต่อ 1 ไฟล์
เวลาในการบันทึกข้อมูล	2 นาที ต่อ ไฟล์
Ram ที่ใช้	900 MB ต่อ 1 thread

- ปัญหาที่พบ

1. โปรแกรมใช้ ram ปริมาณมาก
2. เมื่อข้อมูลใน mongodb มีปริมาณมากขึ้น mongodb จะใช้ ram เพิ่มขึ้นด้วย

3.5 การใช้ Machine Learning สำหรับการพยากรณ์ฝน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการทำ Image Processing มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการใช้ Convolution Neural Network มาวิเคราห์ภาพถ่าย เช่น การตรวจจับวัตถุภายในภาพ การจำแนกประเภทภาพ เพิ่มความละเอียดรูปภาพ เป็นต้น

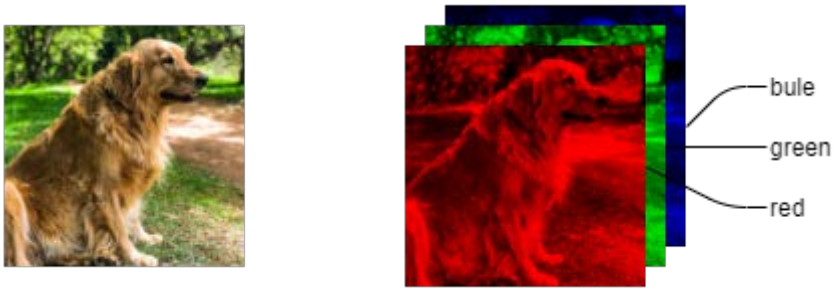


รูปที่ 3.5-1 ตัวอย่างการใช้ Convolution Neural Network เพื่อเพิ่มความละเอียดรูปภาพ

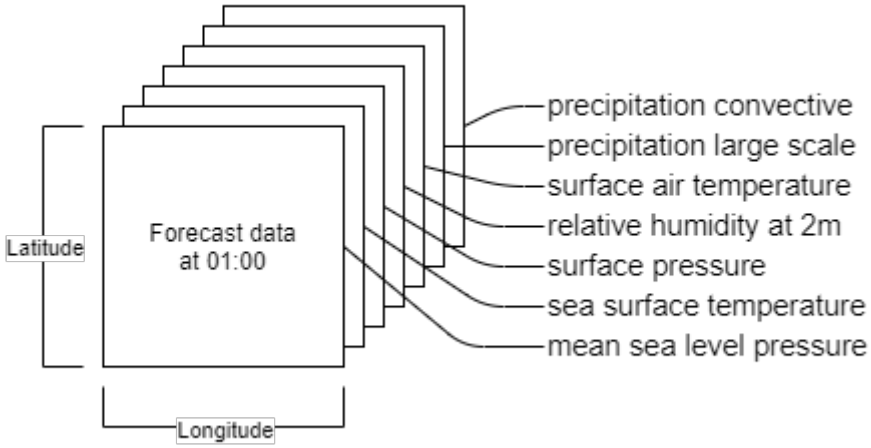
ในการทดลองนี้ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์ปริมาณฝน เราจะประยุกต์ใช้ Convolution Neural Network เพื่อนำข้อมูลการพยากรณ์อากาศ (Low resolution) มาคำนวนประมาณฝนที่ตกบนพื้นที่ (High resolution) โดยจะแบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 เตรียมข้อมูล Input

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเตรียม Input ที่จะใช้ในการทำนายปริมาณฝนบนพื้นที่ โดยจะนำข้อมูลพยากรณ์อากาศจาก HII ที่เป็น grid ประมาณ 9x9 กม. มาทำการ Preprocess ให้อยู่ในรูปแบบ 3D array คล้ายรูปภาพ



รูปที่ 3.5-2 ตัวอย่างข้อมูลรูปภาพในรูปแบบ Array 3 มิติ

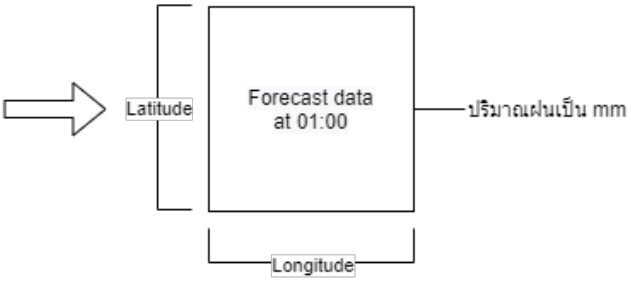


รูปที่ 3.5-3 ตัวอย่างการ Preprocess ข้อมูล ณ เวลาใดๆ ให้อยู่ในรูปแบบ Array 3 มิติ

3.5.2 เตรียมข้อมูลปริมาณฝนที่จะใช้เป็น Target สำหรับ Neural Network

ในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลพยากรณ์ปริมาณฝนจาก TMD ที่เป็น grid ขนาด 2x2 กม. ที่อยู่ในรูปแบบ cvs มา preprocess ให้อยู่ในรูปแบบ 2D array

	A	B	C	D	E	F	G
1	lat	lon	06:00Z 27	07:00Z 27	08:00Z 27	09:00Z 27	10:00Z 27
2	5.329208	96.09002	0	0	0	0	0
3	5.329208	96.10854	0	0	0	0	0
4	5.329208	96.12705	0	0	0	0	0
5	5.329208	96.14558	0	0	0	0	0
6	5.329208	96.1641	0	0	0	0	0
7	5.329208	96.18262	0	0	0	0	0
8	5.329208	96.20114	0	0	0	0	0
9	5.329208	96.21966	0	0	0	0	0
10	5.329208	96.23818	0	0	0	0	0
11	5.329208	96.2567	0	0	0	0	0
12	5.329208	96.27522	0	0	0	0	0
13	5.329208	96.29374	0	0	0	0	0

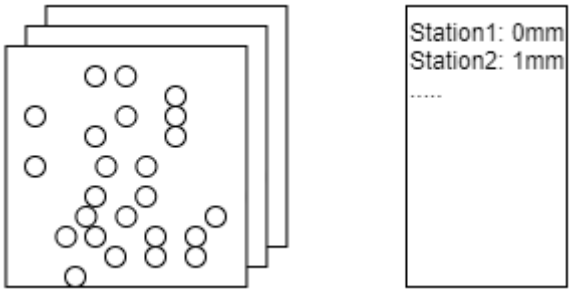


รูปที่ 3.5-4 ตัวอย่างการ Preprocess ข้อมูลณ.เวลาใดๆ ให้อยู่ในรูปแบบ Array 2 มิติ

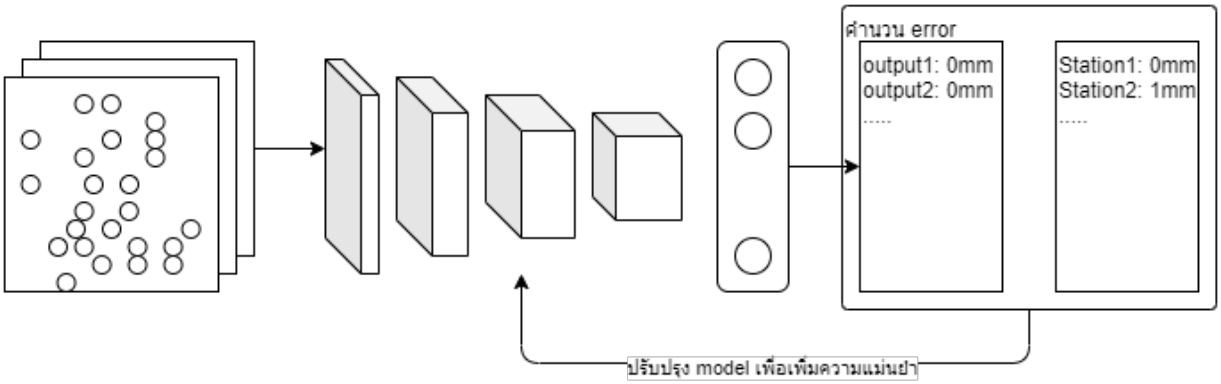
3.5.3 สร้าง Neural Network สำหรับประมาณปริมาณฝนจุดตามตำแหน่งสถานีอุตุนิยมวิทยา

ในขั้นตอนนี้จะทำการสร้าง Neural Network เพื่อคำนวนปริมาณปริมาณฝนจุดที่ตกบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา

รูปที่ 3.5-5 ตำแหน่งสถานีอุตุนิยมวิทยา

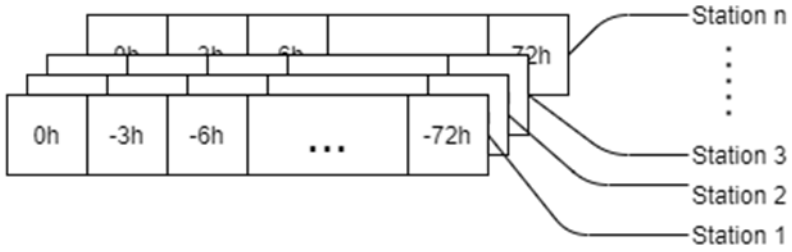


รูปที่ 3.5-6 ตัวอย่างจัดกลุ่มการพยากรณ์ปริมาณฝน 3 ชั่วโมงเข้าด้วยกันและคำนวนปริมาณฝนที่ตก บริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 3.5-7 อธิบายการทำงานของ Model
เพื่อคำนวนหาปริมาณฝนที่ตกบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา

การสร้างข้อมูลปริมาณฝนสถานีจากสถานีกรมอุตุนิยมมวิทยาย้อนหลัง 72 ชั่วโมง โดยการนำข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศราย 3 ชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยามาจักลุ่ม Array 2 มิติ



รูปที่ 3.5-8 การจัดการข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศ

ข้อมูลระบุเดือนของการพยากรณ์อากาศ โดยนำเดือนของข้อมูลพยากรณ์อากาศมาแปลงให้อยู่ในลักษณะ One hot encoding

เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
มกราคม	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
กุมภาพันธ์	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
มีนาคม	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เมษายน	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
มิถุนายน	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
กรกฎาคม	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
สิงหาคม	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
กันยายน	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ตุลาคม	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
พฤศจิกายน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ธันวาคม	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

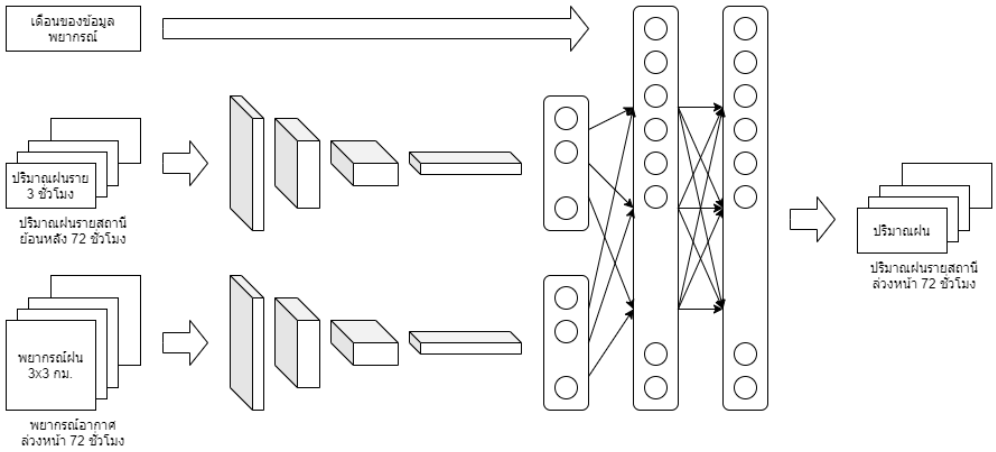
รูปที่ 3.5-9 การแปลงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะ One hot encoding

3.5.4 สร้าง Neural Network สำหรับทำนายปริมาณฝนบนพื้นที่

ในขั้นตอนนี้จะทำการสร้าง Neural Network จะทำการเพื่อประมาณฝนที่ตกบนพื้นที่ โดยพยายามให้ปริมาณฝนที่ตกมีปริมาณตรงกับที่วัดได้ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ข้อมูลดังนี้

- ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณฝนปีความละเอียด 3x3 กม.ทุก 1 ชั่วโมง ล่วงหน้า 72 ชั่วโมง
- ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาย้อนหลัง 72 ชั่วโมง
- ข้อมูลระบุเดือนของพยากรณ์อากาศ

เป็น input สำหรับ Neural Network และใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศราย 3 ชั่วโมง จากกรมอุตุนิยมวิทยาที่ช่วงเวลาตรงกับข้อมูลพยากรณ์ปริมาณฝนเป็น Target



รูปที่ 3.5-10 อธิบายการทำงานของ Model สำหรับทำนายปริมาณฝนบนพื้นที่

3.5.5 การสอน Neural Network

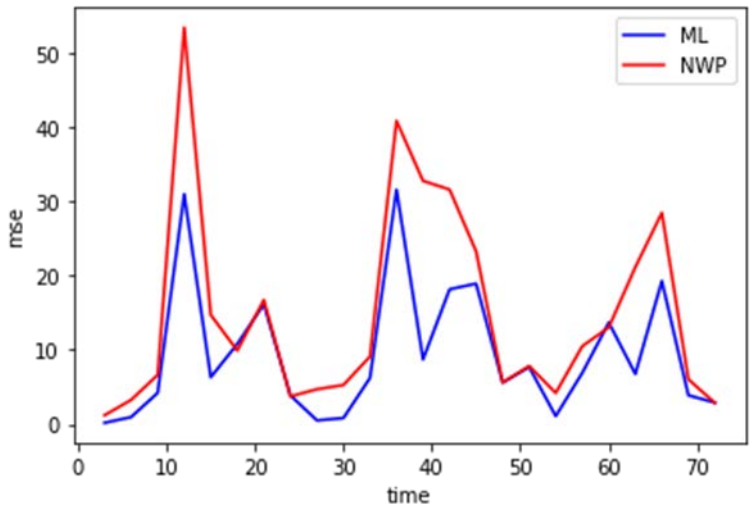
การสอน Neural Network จะเริ่มจากการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) Training set ใช้ข้อมูลวันที่ 18 ถึง 25 ของทุกเดือน
2) Validation set ใช้ข้อมูลวันที่ 4 ถึง 5 ของทุกเดือน
3) Test setใช้ข้อมูลวันที่ 11 ถึง 12 ของทุกเดือน

โดยในการสอนจะใช้ Training set ในการสอน และในระหว่างการสอนจะมีการวัดผลด้วย Validation set เพื่อตรวจสอบว่า model overfit กับชุดข้อมูลหรือไม่ หาก error บนชุดข้อมูล Validation set ไม่ลดลงต่อเนื่อง 50 รอบให้ถือว่า model overfit กับชุดข้อมูลแล้ว ให้ทำการหยุดสอน model และใช้ model version ที่ให้ error บนชุดข้อมูล Validation set น้อยที่สุดเป็น model สำหรับวัดผลต่อไป

3.5.6 การวัดผล

การวัดผลจะทำการวัดผลบน Test set โดยคำนวนค่า mean square error ของ output จาก model กับปริมาณฝนที่วัดได้จริงจากสถานีอุตุนิยมวิทยา เปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่คำนวนจาก grid ที่ใกล้สถานีที่สุดกับปริมาณฝนที่วัดได้จริง



รูปที่ 3.5-11 mean square error ระหว่าง output ของ machine learning กับ nwp

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ภาพรวมของความคืบหน้าโครงการ

ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ จัดการประชุมกำหนดการเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 สำหรับโครงการความร่วมมือกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและนำเสนอแผนการทำงานอย่างละเอียดของเราใน Q1 มีภารกิจหลักสองประการ ประการแรก คือ การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งแรกที่จะนำเสนอเทคนิค ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ ในการพัฒนาพยากรณ์อากาศความละเอียดสูง โดยใช้แบบจำลอง WRF และวิธีการใช้และการออกแบบรูปแบบ Machine Learning สำหรับการพยากรณ์อากาศ ประการที่สอง คือการพัฒนาระบบพยากรณ์สภาพอากาศเชิงตัวเลข (NWP) สำหรับโดเมนประเทศไทยและยึดตามตัวชี้วัดปริมาณน้ำฝนเพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพต่อไป ในไตรมาสที่ 2 ภารกิจหลักกำลังเตรียมข้อมูล NWP สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง Machine Learning และการพัฒนาแบบจำลอง Machine Learning

การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งแรกของการสร้างแบบจำลอง NWP และ Machine Learning ถูกกำหนดไว้ในกำหนดการประชุม และต่อมาก็มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประชุมผ่านการประชุมทางไกลในวันที่ 26 มีนาคม 2020 ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ ได้ใช้ความพยายามอย่างมากในการเตรียมกิจกรรมนี้รวมถึงสื่อการบรรยาย ฝึกพัฒนา ML ผู้เข้าร่วมกว่า 30 คนจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ในประเทศไทยเข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ ในการสร้างแบบจำลองไตรมาสที่ 1 ของ NWP และการปรับให้เหมาะสมได้ดำเนินการด้วยการกำหนดค่าที่เหมาะสมสองแบบที่ กำหนดหนึ่งแบบสำหรับฤดูแล้ง และอีกอันสำหรับฤดูฝน

ในตอนท้ายของไตรมาสที่ 1 เป้าหมายของงานกำลังเปลี่ยนจากการสร้างแบบจำลอง NWP เป็นการพัฒนาอัลกอริธึม ML ไม่นานหลังจากที่ทีมอบรมเชิงปฏิบัติการ ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ ได้มีส่วนร่วมในการเตรียมชุดการฝึกอบรมสำหรับการพัฒนาอัลกอริทึม ML การคาดการณ์ทั้งหมดสามเดือนได้คัดเลือกช่วงเวลา ซึ่งลดทอนเหตุการณ์ฝนตกหนักถึงหนักมากในปี 2562 ส่วนฝนที่ตกเบาบาง หรือไม่มีเหตุการณ์ฝนตกรวมอยู่ด้วยเช่นกันซึ่งอัลกอริธึม ML สามารถมีตัวอย่างคลื่นความถี่ที่สมดุล ในอีก 1-2 เดือนข้างหน้าอัลกอริธึม ML จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น อัลกอริทึมสำหรับปริมาณน้ำฝนจะถูกสร้างขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายน 2563

4.2. การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งแรก

ข้อมูลของการประชุมเชิงปฏิบัติการได้รับด้านล่าง โดยเฉพาะการเชื่อมโยงไปยังเนื้อหาของแต่ละเซสชั่นจะถูกจัดส่ง และการเชื่อมโยงที่ถูกต้องจนกว่าจะสิ้นสุดของโครงการ

วันที่ 1 : 26 มีนาคม 2563

เวลา	หัวข้อเรื่อง	ผู้บรรยาย
08.30 น. - 09.00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 น. - 09.15 น.	กล่าวเปิดการประชุมเชิงปฏิบัติการ	Assoc.Prof. Sucharit Koonthanakulwong
09.15 น. - 09.30 น.	เปิดงานและให้คำแนะนำ	Mr. Henry Tay
09.30 น. - 10.30 น.	- การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข	Dr. Sun Xiangming
10.30 น. - 10.40 น.	พัก	
10.40 น. - 11.40 น.	-ภาพรวมวิทยาศาสตร์ข้อมูล ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์	Dr. Lin Miao
11.40 น. - 12.00 น.	สรุปการประชุม	
12.00 น. - 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 น. - 14.30 น.	ใช้ Machine Learning Model เพื่อการพยากรณ์อากาศ	Dr. Lin Miao
14.30 น. - 14.40 น.	พัก	
14.40 น. - 15.40 น.	ถาม - ตอบ	Assoc.Prof. Sucharit Koonthanakulwong
15.40 น. - 16.00 น.	สรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ (ตอนที่ 1)	Assoc.Prof. Sucharit Koonthanakulwong

วันที่ 2 : 27 มีนาคม 2563

เวลา	หัวข้อเรื่อง	ผู้บรรยาย
08.30 น. - 09.00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 น. - 09.10 น.	บรรยายสรุปของการอบรมก่อนหน้า	Dr. Lin Miao
09.10 น. - 10.30 น.	เซสชันทดลองที่ 1: ใช้โมเดล XGBoost สำหรับการพยากรณ์อากาศ	Miss. Hao Yunlu
10.30 น. - 10.40 น.	พัก	
10.40 น. - 12.00 น.	ใช้ Deep Learning Model สำหรับการพยากรณ์อากาศ	Miss. Fan Xiaotian
12.00 น. - 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 น. - 14.30 น.	เซสชันทดลองที่ 2: ใช้ Pytorch สำหรับการพยากรณ์อากาศ	Miss. Fan Xiaotian
14.30 น. - 14.40 น.	พัก	
14.40 น. - 15.40 น.	ถาม - ตอบ	Assoc.Prof. Sucharit Koonthanakulwong
15.40 น. - 16.00 น.	สรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการและเตรียมการขั้นต่อไป	Assoc.Prof. Sucharit Koonthanakulwong

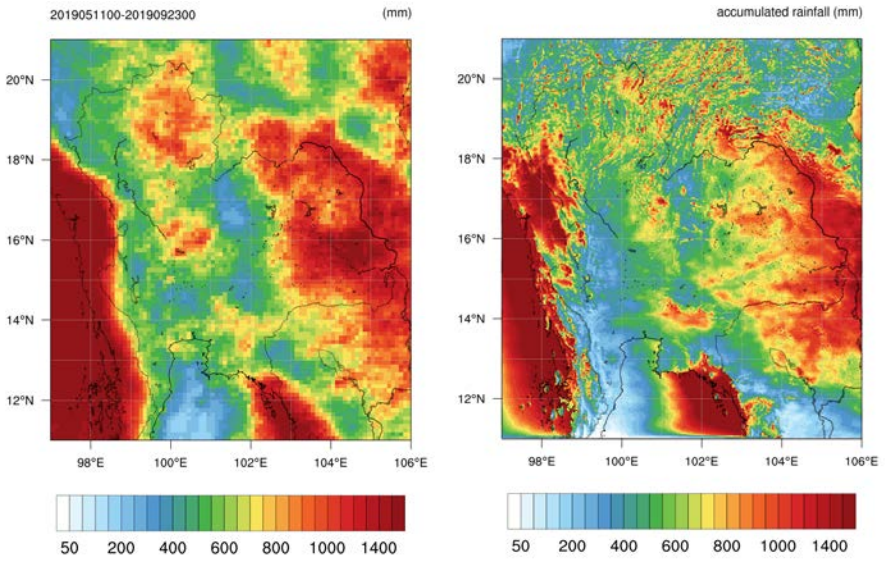
4.3. การปรับรุ่น NWP

4.3.1 สถานะ

นับตั้งแต่เริ่มโครงการในเดือนมกราคม 2563 ทีม Envision ได้ทำงานเกี่ยวกับการตั้งค่าแบบจำลอง NWP และการปรับให้เหมาะสมตามแผนที่วางไว้ ประการแรกสองช่วงเวลา 15 วันในฤดูแล้งและฤดูฝนถูกเลือกเพื่อค้นหาการกำหนดค่าโมเดล NWP ที่เหมาะสม งานเสร็จสมบูรณ์ในช่วงปลายเดือนมีนาคม 2020 ไม่นานหลังจากนั้นมีการกำหนดค่าที่เหมาะสมเพื่อเตรียมชุดข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาอัลกอริทึม ML เนื่องจากการขยายเวลาอันยาวนานของประเทศไทยในละติจูดตั้งแต่ 4 องศาเหนือถึง 22 องศาในละติจูด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเสนอให้ตรวจสอบการเพิ่มประสิทธิภาพที่แยกต่างหากสำหรับภาคใต้ของประเทศไทยและงานนี้จะดำเนินการในไตรมาสที่ 2 งานอื่นที่เกี่ยวข้องกับ NWP นั้นได้รับการร้องขอจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณเขื่อนทางตะวันตกเฉียงเหนือภาคกลางและกรุงเทพฯ งานเสร็จสมบูรณ์ก่อนการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งแรก คำอธิบายโดยละเอียดของโมเดล NWP และงานวิเคราะห์มีการบันทึกไว้ในภาคผนวก ข และ ค

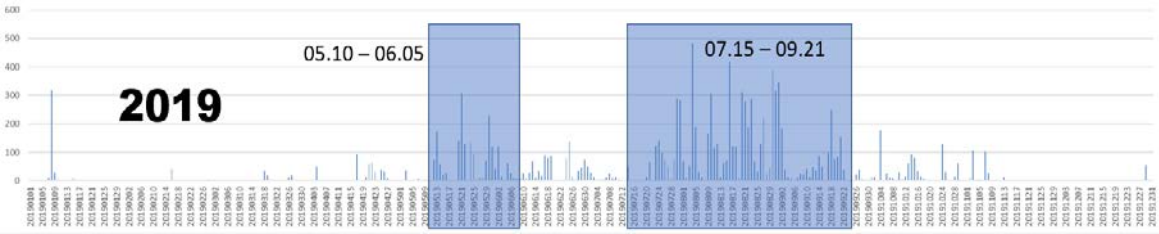
4.3.2 ติดตั้ง

ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ ความละเอียดสูง (3 km. สำหรับการปรับให้เหมาะสมและ 1 km. สำหรับการจัดส่ง) ซึ่งสร้างขึ้นบนแพลตฟอร์ม EnOSTM ของ Envision นั้นได้รับการกำหนดค่าผ่านทางโดเมนดังที่แสดงในรูปที่ 4.3-1 โดยรวมแล้วมีหลายหมื่นแกนหลัก และการเตรียมชุดข้อมูลการฝึกอบรม



รูปที่ 4.3-1 ช่วงเวลา 3 เดือน สะสมปริมาณน้ำฝนของ (a) การสังเกตการณ์ดาวเทียม และ (b) การพยากรณ์อากาศ

โมเดลใช้การกำหนดค่า ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ ที่ปรับให้เหมาะสมที่สุดสำหรับฤดูฝนด้วยข้อมูลการขับขี่จากศูนย์พยากรณ์อากาศในยุโรป (ECMWF) รูปที่ 4.3-2 แสดงระยะเวลาสามเดือนที่เลือก (รวม 94 วัน) ที่มีการจัดเตรียมการคาดการณ์ 72 ชั่วโมง ช่วงเวลาดังกล่าวได้รับเลือกให้รวมเหตุการณ์ฝนตกปานกลาง และหนักมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เนื่องจากมีความสำคัญต่อการจัดการน้ำ ปริมาณน้ำฝนบางส่วนและไม่มีเหตุการณ์ฝนตกรวมอยู่ในช่วงเหตุการณ์ฝนตกเต็มรูปแบบ



รูปที่ 4.3-2 Sub-select ระยะเวลา 3 เดือน สำหรับการเตรียมชุดการฝึกอบรม สำหรับการพัฒนา ML algorithm

4.3.3 การประเมินผล

การประเมินได้ดำเนินการโดยใช้การสังเกตปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียมและความถูกต้องของปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงและค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตาราง (RMSE) สำหรับปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง 6 ชั่วโมงตามลำดับ 81.7% และ 7.2 มม. การคำนวณความแม่นยำของปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงนั้นใช้สมการ 1 ตามตารางแสดงเหตุฉุกเฉินในตารางที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1 เงื่อนไขที่ใช้ควบคุม

		ตั้งข้อสังเกต	
		ใช่	ไม่
ที่คาดการณ์ไว้	ใช่	a	b
	ไม่	c	d

$$\textbf{Accuracy} = \frac{a + d}{a + b + c + d}$$

ที่ไหน:

a: ผลรวมของเหตุการณ์ YES ที่คาดการณ์อย่างถูกต้อง

b: เช่นเดียวกับผลรวมของการเตือนภัยที่ผิดพลาดของเหตุการณ์ NO

c: เหมือนกับผลรวมของเหตุการณ์ YES ที่พลาด

d: เหมือนกับผลรวมของเหตุการณ์ NO ที่คาดการณ์ไม่ถูกต้อง

H: (A + c) * (A + B) / (A + B + C + D)

เหตุการณ์ YES: อัตราฝนเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 มม. / ชม

ไม่มีเหตุการณ์: อัตราฝนน้อยกว่า 0.5 มม. / ชม

RMSE สำหรับการสะสมฝน 6 ชั่วโมงคือการใช้สมการ 2 โดยที่ N คือจำนวนทั้งหมดของจุดกริดในโดเมนการจำลองตลอดระยะเวลาการประเมินทั้งหมด fi และ oi เป็นลำดับการสะสมของฝนที่คาดการณ์ไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และอีกจุดหนึ่งที่สังเกตได้ในแต่ละจุดของกริดตลอดระยะเวลาการประเมินทั้งหมด

$$\textbf{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i - o_i)^2}{N}}$$

4.3.4 ผลสรุปที่ได้จากการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

จากผลการการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการการจัดเตรียมข้อมูลและการพยากรณ์ เทคนิค Downscaling ข้อมูลฝน การใช้ Machine Learning ในการพยากรณ์ฝน และนำมาใช้การอบรมในเดือนมีนาคม 2563 โดยใช้การอบรมแบบ Online มีผู้เข้าร่วมอบรมจำนวนประมาณ 60 คน และสามารถแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมอบรมได้ ดังนี้ 1) หน่วยงาน ประมาณ 20 คน 2) ทีมงานนักวิจัย ประมาณ 20 คน และ 3) นักศึกษา ประมาณ 20 คน ทั้งนี้ ในการสอบถามความเข้าใจในการอบรมได้ใช้วิธีการสุ่มสัมภาษณ์เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มโดยแบ่งประเด็นประเมินความเข้าใจออกเป็น 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ภาพรวมโครงการ 2) เนื้อหาการนำเสนอ Numerical Weather Prediction 3) เนื้อหาการนำเสนอ Machine Learning Techniqueและ 4) การอบรม Machine Learning Technique สำหรับ ผลสำเร็จของการอบรม สรุปได้ดังนี้

(1) ภาพรวมโครงการผลสำเร็จของการอบรมที่ประเมินได้เท่ากับ ร้อยละ 100

(2) เนื้อหาการนำเสนอ Numerical Weather Prediction ผลสำเร็จของการอบรมที่ประเมินได้เท่ากับ ร้อยละ 90

(3) เนื้อหาการนำเสนอ Machine Learning Technique ผลสำเร็จของการอบรมที่ประเมินได้เท่ากับ ร้อยละ 70 และ

(4) การอบรม Machine Learning Technique ผลสำเร็จของการอบรมที่ประเมินได้เท่ากับ ร้อยละ 60

กล่าวโดยรวมแล้ว ผลสำเร็จของการอบรมในภาพรวมเท่ากับ ร้อยละ 90 ทั้งนี้ ในการประเมินผลสำเร็จ ทางผู้อบรมพบว่า ผลการประเมินด้านเนื้อหาการอบรม (ข้อ 4 ของการประเมิน) มีผลประเมินเท่ากับ ร้อยละ 60 มีค่าต่ำกว่าประเด็นอื่น

ตารางที่ 4.3-2 สรุปประเมินผลสำเร็จของการอบรม

เนื้อหา	หน่วยงาน	นักวิจัย	นักศึกษา	สรุปรวม
	(หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)			
1) ภาพรวมโครงการ	100	100	100	**100**
2) เนื้อหาการนำเสนอ Numerical Weather Prediction	80	100	90	**90**
3) เนื้อหาการนำเสนอ Machine Learning Technique	60	80	70	**70**
4) การอบรม Machine Learning Technique	50	80	50	**60**
สรุปภาพรวม	**75**	**90**	**75**	**90**

4.3.5 ข้อจำกัดและโซลูชั่นที่มีศักยภาพ

โครงการได้ยกระดับการสร้างแบบจำลอง NWP ที่ทันสมัยและเทคนิค ML เพื่อดูการคาดการณ์ระยะสั้นของปริมาณน้ำฝนอุณหภูมิความชื้นและลมในความละเอียดสูงมาก แม้ว่าโครงการจะมีระยะเวลาอันสั้น แต่งานในอนาคตบางอย่างยังคงเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงการคาดการณ์ ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของโครงการปัจจุบันคือปัญหาความไม่แน่นอนยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเต็มที่ ในการพยากรณ์ของการจำลองความละเอียดสูงมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ถึงแม้ว่าอัลกอริธึม ML จะช่วยได้บางโดยการลบความลำเอียงออกจากทั้งความเข้มและตำแหน่ง แต่ฐานของการคาดการณ์ก็คือหลังจากการพยากรณ์ที่กำหนดขึ้นเพียงครั้งเดียว วิธีการของ Ensemble เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับความไม่แน่นอนได้ดียิ่งขึ้นโดยดูที่การคาดการณ์หลายครั้ง และทำให้ความไม่แน่นอนลดลงมากที่สุด ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือคุณภาพของเงื่อนไขเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการรวบรวมข้อมูล ณ เวลาศูนย์ ในโครงการปัจจุบันการรวบรวมข้อมูล เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเงื่อนไขเริ่มต้นนั้นดำเนินการเฉพาะในระดับแบบจำลองการขับขี่ทั่วโลก ซึ่งเราเชื่อว่าการสำรวจในพื้นที่จำนวนมากไม่ได้ถูกใช้งานเช่นอัตราการเรนของเรดาร์ และความเร็วเรเดียล โมดูลการดูดกลืนข้อมูลความละเอียดสูงระดับภูมิภาคเป็นสิ่งที่ต้องการเพื่อปรับปรุงสภาพเริ่มต้นซึ่งจะช่วยปรับปรุงการพยากรณ์

4.4 การทำงานของทีมวิจัยประเทศสิงคโปร์

1) ระยะที่ 1 – NWP Downscaling
   ก. เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง GPM (ระดับความถูกต้อง) และสถานีวัดน้ำฝน (RMSE)
   ทางทีมงานปรเทศสิงคโปร์ได้จัดทำกรอบการทำงาน NWP สำหรับขอบเขตประเทศไทย และดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพข้อมูลฝน โดยเป็นการปรับปรุงข้อมูลทั้งในช่วงหน้าแล้งและช่วงหน้าฝนเพื่อใช้ระบุเหตุการณ์ นอกจากนี้ยังมีการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าคุ้มค่าหรือไม่ที่จะใช้การกำหนดค่าสองแบบแยกกันสำหรับภาคเหนือของประเทศไทยและภาคใต้ของประเทศไทย ข้อสรุปคือยึดมั่นในการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศไทยทั้งหมด

   RMSE ของปริมาณน้ำฝนสะสม 6 ชั่วโมง โดยใช้การกำหนดค่าที่เหมาะสมคือ 0.5 มม. และ 9.2 มม. ตามลำดับสำหรับฤดูแล้งและฤดูฝน ความแม่นยำอยู่ที่ 97% และ 62% ตามลำดับ การประเมินใช้การสังเกตปริมาณน้ำฝนดาวเทียมที่ความละเอียด 0.1 องศาตามที่ตกลงในสัญญา RMSE ที่ 9.2 มม. / 6 ชม. มาจากเอาต์พุตโมเดล NWP แบบดิบและของทีมงานประเทศสิงคโปร์ จะทำงานอย่างหนักในโมเดล ML เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายบรรลุความแม่นยำ 70% ตามเป้าหมายและ RMSE ต่ำกว่า 9 มม. / 6 ชม.

   ข. ผลลัพธ์ : ข้อมูลหน้าฝน – Envision ได้เตรียมข้อมูลครึ่งเดือน
   (15 ถึง 29 สิงหาคม 2019 - ช่วงฝนตกหนักในปี 2019) พยากรณ์ฝนขนาด 40 GB

เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ความชื้น, และกลไกการสร้างข้อมูลฝนพยากรณ์

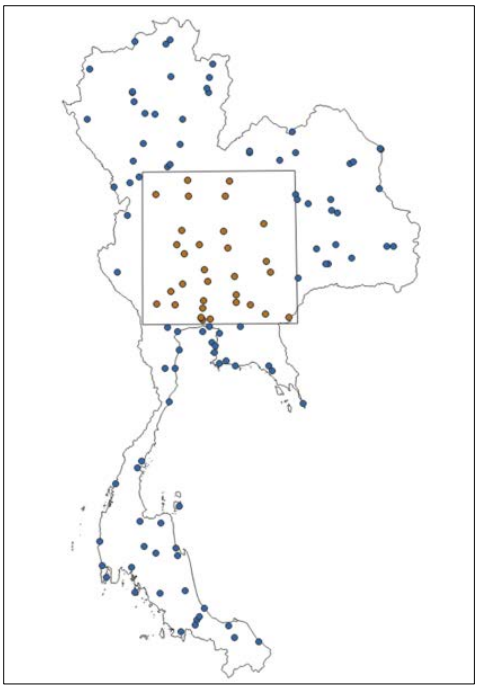
ค. ผลลัพธ์ : ข้อมูลหน้าแล้ง – Envision ได้เตรียมข้อมูลครึ่งเดือน (1 ถึง 15 พฤศจิกายน 2019) พยากรณ์ฝนเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณฝน, อุณหภูมิ, ความชื้น, และกลไกการสร้างข้อมูลฝนพยากรณ์

ง. ข้อมูลจะส่งผ่านทาง SFTP – เมื่อการจัดการน้ำให้เริ่มการส่งข้อมูล (ทีมบริหารจัดการน้ำไทย) ปัจจุบันจัดเก็นไว้กับศูนย์ข้อมูลแล้ว

4.5 การพัฒนาการศึกษาของทีมวิจัยไทย

ภายหลังจากการประมวลข้อมูลเบื้องต้นพบว่าข้อมูลพื้นฐานของโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลสถานีตรวจวัดที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเปรียบเทียบ จากความเห็นของกรมอุตุนิยมวิทยาได้ให้ความเห็นถึงข้อจำกัดของข้อมูลสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีเพียง 126 สถานี เมื่อเทียบกับพื้นที่ขนาดใหญ่ของประเทศไทยการใช้เพียง 126 สถานี เป็นตัวแทนข้อมูลของทั้งประเทศคงทำให้ผลของงานวิจัยขาดความน่าเชื่อถือ ดังนั้นแนวทางที่เหมาะสมจึงควรเลือกพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสถานีเพียงพอสำหรับการศึกษา โดยทางกรมอุตุนิยมวิทยาได้ให้ความเห็นว่าควรเลือกพื้นที่ภาคกลางที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอื่น (อุณหภูมิ, ความชื้น, ทิศทางลม) มีผลกระทบน้อย สามารถใช้เพียงข้อมูลการพยากรณ์ฝนมาพัฒนาความละเอียดแบบ Dynamic Downscaling และการเรียนรู้เพื่อพัฒนาข้อมูลด้วย Machine Learning โดยทางกรมอุตุนิยมวิทยาเสนอให้ใช้ข้อมูลพยากรณ์ 3 วัน ความละเอียด 6x6 กิโลเมตรที่ถูกผลิตทุกชัวโมงเป็นฐานในการพัฒนาข้อมูล

ทางทีมงานวิจัยได้ทำการนำความเห็นที่ได้มาเพื่อใช้ในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม และเลือกสถานีที่นำมาใช้เปรียบเทียบผลการพัฒนา ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์ทางกรมอุตุนิยมวิทยาได้ให้ความเห็นว่าควรใช้มาตรฐานการพยากรณ์ World Meteorological Organization (WMO) เป็นหลัก โดยมีคำแนะนำให้ใช้มาตรฐานขั้นต่ำของการควบคุมคุณภาพแบบเรียลไทม์ที่ National Meteorological Centres (NMCs), Regional Specialized Meteorological Centres (RSMC) และ World Meteorological Centres (WMC) ทั้งหมดเหล่านี้มีการกำหนดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพสำหรับข้อมูลแบบเรียลไทม์ ในการศึกษาทางโครงการได้เลือกขอบเขตพื้นที่ละติจูดที่ 13.56102-16.990646 ลองติจูด 99.2199-102.77574 ตามรูปที่ 4.5-1 และประกอบด้วยรายการสถานีอุตุนิยมวิทยาตามตารางที่ 4.5-1



รูปที่ 4.5-1 พื้นที่ศึกษาและสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.5-1 รายชื่อสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา

No.	รหัสสถานี	No.	รหัสสถานี	No.	รหัสสถานี
1	379401	2	378201	3	379201
4	380201	5	386301	6	379402
7	403201	8	431201	9	431401
10	431301	11	400201	12	400301
13	402301	14	410001	15	415301
16	426401	17	419301	18	425201
19	426201	20	425301	21	429601
22	450201	23	451301	24	455301
25	455203	26	455201	27	455601
28	417201	29	430201	30	430401
31	440401	32	440201		

4.5.1 ขั้นตอนการวิจัย

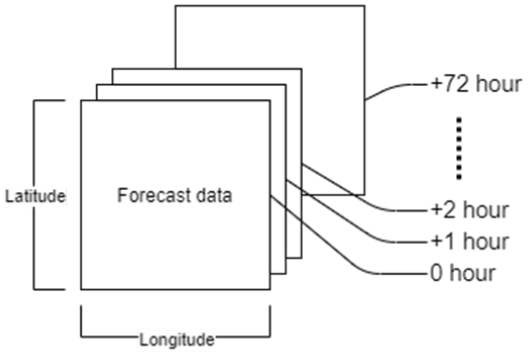
ในการเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์ฝนด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยอาศัยข้อมูลการพยากรณ์ฝนของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำในปี 2019 และข้อมูลฝนรายสถานี 32 สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ในการศึกษา โดยมีรายละอียดของขั้นตอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเตรียมข้อมูล
2) การประมวลผลข้อมูล
3) การสอนโมเดล
4) การวัดผล

4.5.1.1 การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยจะประกอบด้วยข้อมูลจาก 2 ส่วน ได้แก่

(1) ข้อมูลพยากรณ์อากาศ ของ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ โดยข้อมูลพยากรณ์อากาศจะเป็นข้อมูลความละเอียด 3x3 กม. ทุก 1 ชั่วโมง ล่วงหน้า 72 ชั่วโมง ซึ่งต้องเตรียมข้อมูลเป็นชั้น (Layers) รายชั่วโมง



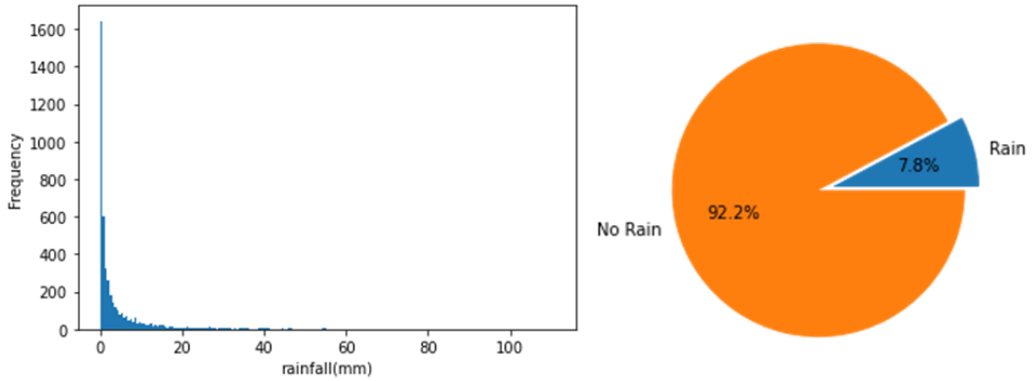
รูปที่ 4.5-2 การเตรียมข้อมูลเป็นชั้น (Layers) รายชั่วโมง

(2) ข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศราย 3 ชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยา จะทำการจัดให้อยู่ในรูปแบบตาราง เวลา/รหัสสถานี

	date	48374	48379	48380	48386	48401	48402	48403	48413	48418	48419	48425	48426	48430	48439	48440	48455	48462
0	2018-12-31 18:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2018-12-31 21:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2019-01-01 00:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2019-01-01 03:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2019-01-01 06:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2019-01-01 09:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2019-01-01 12:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2019-01-01 15:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	2019-01-01 18:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	2019-01-01 21:00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

รูปที่ 4.5-3 ลักษณะตาราง เวลา/รหัสสถานี

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศราย 3 ชั่วโมง พบว่า ในชุดข้อมูลมีข้อมูลที่ฝนไม่ตก หรือฝนตกน้อยอยู่เป็นจำนวนมาก จำเป็นจะต้องทำการประมวณผลข้อมูลก่อนนำไปใช้ โดยละเอียดจะอธิบายในส่วนถัดไป



รูปที่ 4.5-4 กราฟแท่งและกราฟวงกลมอธิบายการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณฝนราย 3 ชั่วโมง

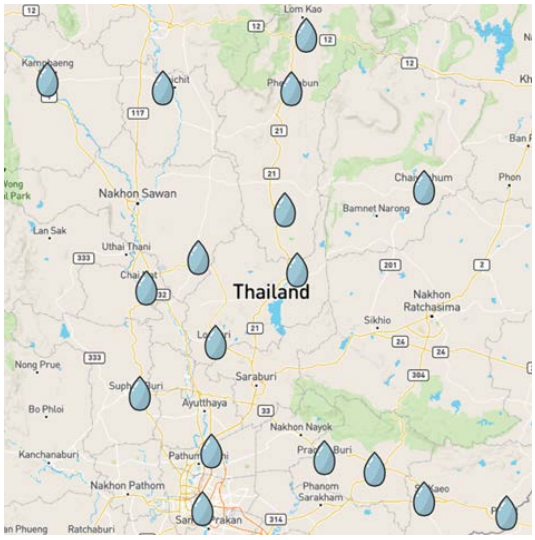
4.5.1.2 การประมวณผลข้อมูล

ขั้นตอนการประมวณผลข้อมูลเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อให้การสอนโมเดลทำได้สะดวกและสามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขั้นตอนการประมวณผลข้อมูลจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) กำหนดขอบเขตพื้นที่วิจัย

พื้นที่วิจัยที่เลือกจะเป็นพื้นที่ราบบริเวณภาคกลางและเป็นบริเวณที่มีจำนวนสถานีอุตุนิยมวิทยาอยู่หนาแน่น เพื่อให้มีข้อมูลมีจำนวนและความละเอียดเพียงพอต่อการสอนโมเดล โดยจะใช้พื้นที่

- Latitude 13.56102 - 16.990646
- Longitude 99.2199 - 102.77574

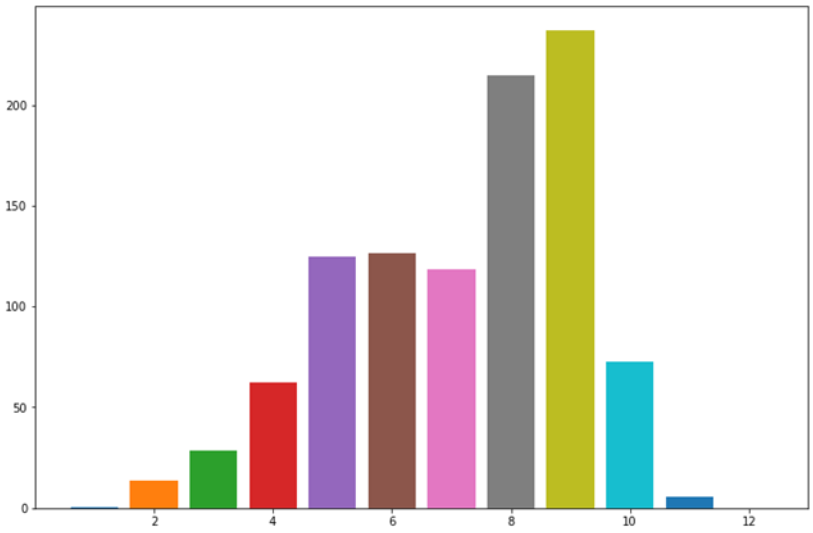


รูปที่ 4.5-5 แผนที่ตำแหน่งสถานีที่ใช้ในการศึกษา

โดยภายในพื้นที่วิจัยจะครอบคลุมสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 17 สถานี

(2) เลือกช่วงเวลาของข้อมูล

การเลือกช่วงวันที่ที่จะใช้ในการวิจัยจะเลือกจากปริมาณฝนที่ตกโดยรวมในแต่ละเดือน โดยจะเลือกเดือนที่มีฝนตกในปริมาณมาก ได้แก่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน



รูปที่ 4.5-6 กราฟแท่งความสัมพันธ์ของปริมาณฝนสะสมรายเดือน

(3) Normalize ข้อมูล

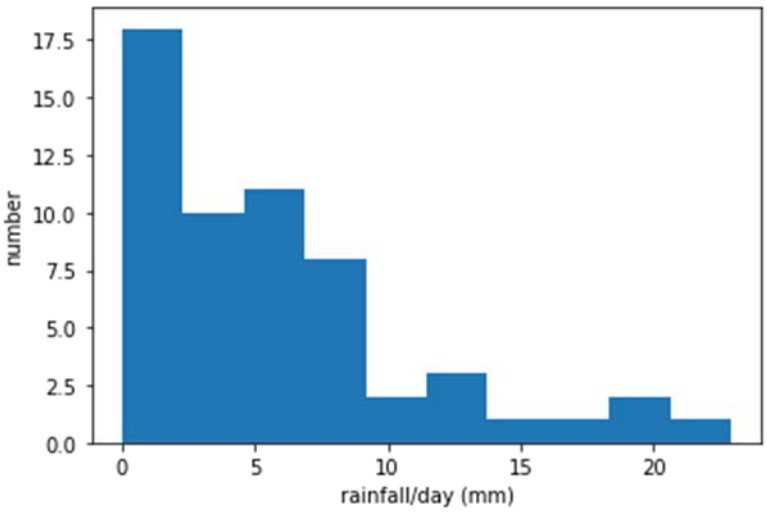
การ Normalize ข้อมูลเป็นขั้นตอนการปรับข้อมูลให้เป็นมาตรฐาน เพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น โดยจะทำ 2 ขั้นตอน ได้แก่

- ปรับข้อมูลให้อยู่ในขนาดเดียวกัน (Rescaling)

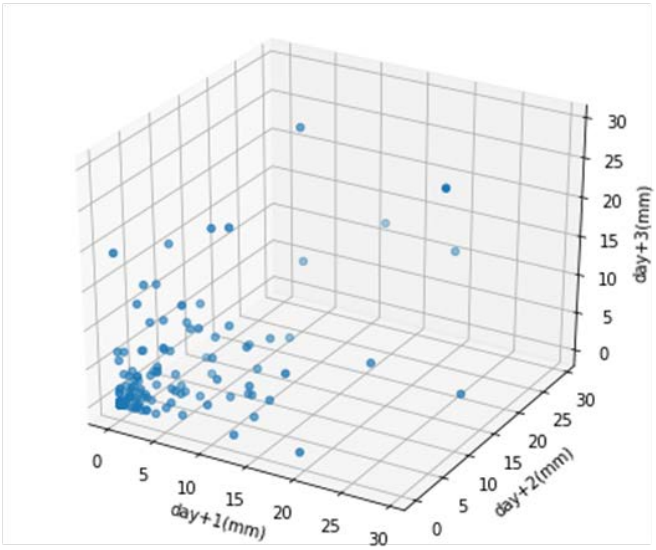
การทำ rescaling เป็นการทำให้คุณลักษณะของข้อมูล (feature) ทุกตัวอยู่ในช่วงเดียวกัน เพื่อป้องกันไม่ให้โมเดลเน้นเรียนรู้ไปยังคุณลักษณะใดคุณลักษณะเป็นพิเศษ โดยจะทำการ rescaling ข้อมูลพยากรณ์อากาศและข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศด้วยวิธีการ Standardization

$$x' = \frac{x - mean}{sd}$$

- ปรับจำนวนตัวอย่างที่ไม่สมมาตร (Imbalance dataset)
  ในชุดข้อมูลที่เป็น Imbalance dataset หากเราไม่ทำการแก้ไขใดๆและนำชุดข้อมูลนี้ไปทำการสอนโมเดลตรงๆ มีความเป็นไปได้ว่าโมเดลอาจเลือกตอบตามกลุ่มของข้อมูลที่มีจำนวนมาก แทนที่จะพยายามเรียนรู้รูปแบบของข้อมูล



รูปที่ 4.5-7 กราฟแท่งความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งที่ตกกับปริมาณฝนที่ตก



	class	count
32	0-0-0	45
57	1-0-0	12
1	0-1-0	11
8	1-1-1	10
36	0-0-1	10
49	0-1-1	9
10	1-0-1	7
41	1-1-0	6
25	2-1-1	4
44	1-2-1	4

รูปที่ 4.5-8 กราฟ 3 มิติความสัมพันธ์ของปริมาณฝนตกวันที่ 1-3 และจำนวนเหตุการณ์

ในงานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการเพิ่มข้อมูลในกลุ่มที่มีน้อยซ้ำเข้าไปเพื่อให้ปริมาณข้อมูลในกลุ่มนั้นมีเพิ่มขึ้น

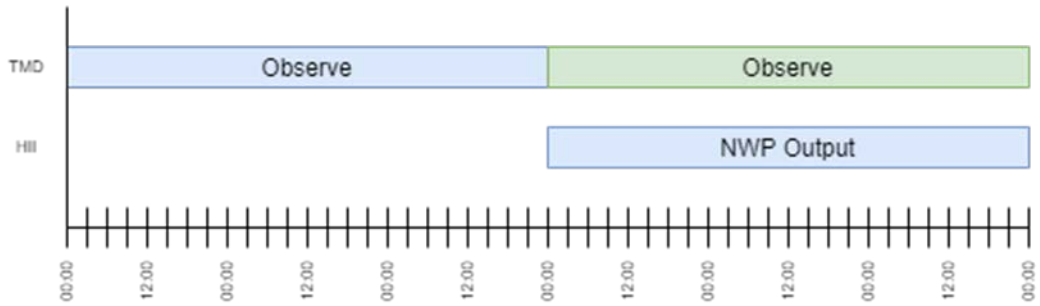
(4) จัดข้อมูลสำหรับสอน

ข้อมูลที่ใช้สอนโมเดลจะประกอบด้วย

- ข้อมูลพยากรณ์อากาศ (Observe อดีต)
- ข้อมูลผลการตรวจวัดลักษณะอากาศย้อนหลัง 72 ชั่วโมง (NWP Output)

ข้อมูลที่จะให้โมเดลทำนายประกอบด้วย

- ปริมาณฝนที่จะตก (เฉลี่ยรายวัน) (Observe สำหรับการทำนาย)



รูปที่ 4.5-9 การจัดข้อมูลเพื่อสอนโมเดล

(5) แบ่งช่วงข้อมูลสำหรับสอน และทดสอบ

ในขั้นตอนนี้จะทำการแบ่งข้อมูลในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนด้วยวันที่ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

Training set เป็นช่วงที่ให้โมเดลเข้าใจถึงสภาพของข้อมูลเพื่อสร้างรูปแบบการพยากรณ์

- วันที่ 15 ถึง 25

Validation set เป็นช่วงที่ให้ทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ที่โมเดลใช้

- วันที่ 8 ถึง 9

Test set เป็นช่วงที่โมเดลนำรูปแบบที่เลือกมาทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์

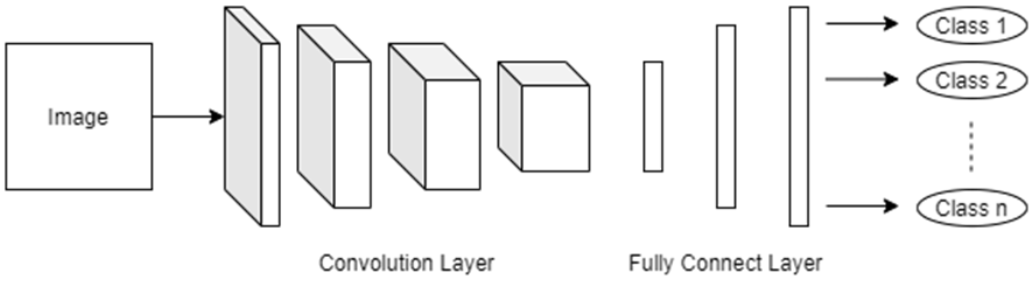
- วันที่ 1 ถึง 2

4.5.1.3 การสอนโมเดล

ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน ได้แก่

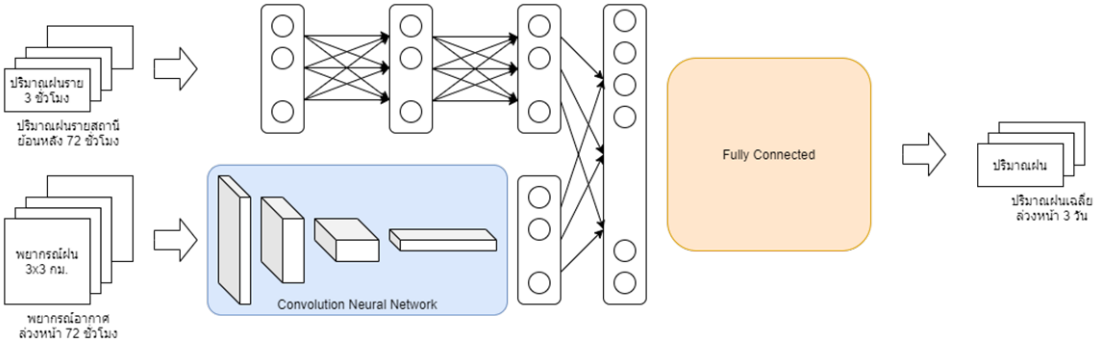
(1) สร้างโมเดล

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการทำ Image Processing มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการใช้ Convolution Neural Network มาวิเคราห์ภาพถ่าย เช่น การตรวจจับวัตถุภายในภาพ การเพิ่มความละเอียดรูปภาพ การจำแนกประเภทภาพ เป็นต้น



รูปที่ 4.5-10 การใช้ Convolution Neural Network (CNN) เพื่อการจำแนกประเภทภาพ

ในงานวิจัยนี้ได้นำ CNN มาเป็นส่วนหนึ่งของโมเดลด้วย เนื่องจาก CNN สามารถลดปริมาณการคำนวนลงได้อย่างมากโดยที่ยังคงความสามารถในการเรียนรู้รูปแบบข้อมูลไว้



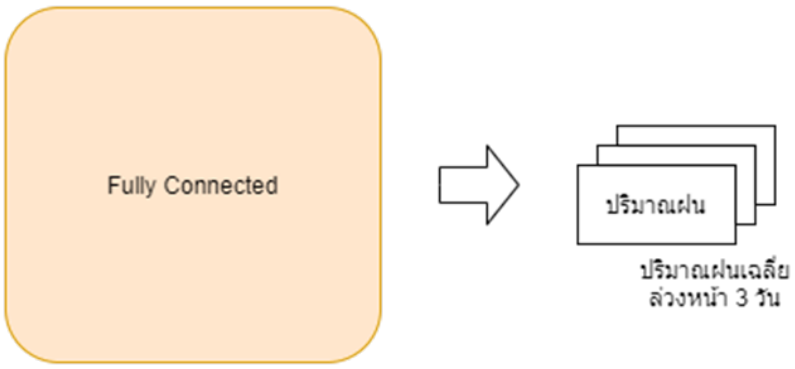
รูปที่ 4.5-11 โครงสร้างโมเดล CNN ที่ใช้ในการศึกษา

(2) ค้นหาโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสม

ในโมเดลสามารถมีโครงสร้างได้หลานรูปแบบ โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการค้นหาโครงของโมเดลที่เหมาะสม โดยจะทำการปรับ 2 ส่วน ได้แก่

- จำนวนชั้นของ Fully connected

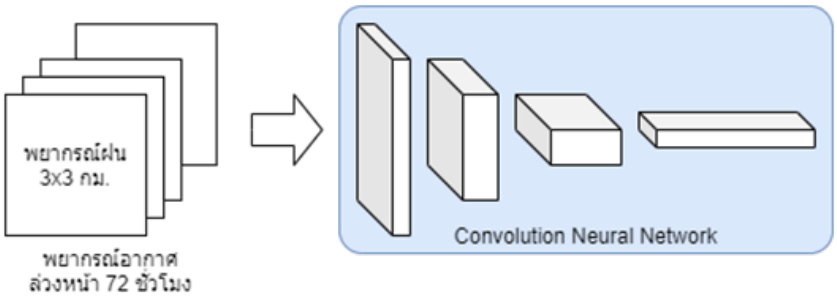
  โดยจะนำโมเดลรูปแบบต่างๆไปสอนด้วย Training set และ วัดผลด้วย Validation set เพื่อหา Model ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ในขั้นตอนนี้จะทำการปรับจำนวนชั้น Fully Connected ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ชั้น



รูปที่ 4.5-12 แนวคิด Fully Connected เพื่อการพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 3 วัน

- โมเดลของ Convolution Neural Network

  ในขั้นตอนนี้จะทำการค้นหาจากโมเดล CNN แบบต่างๆที่ทำงานได้ดีบนการประมวณผลรูปภาพ โดยโมเดลที่นำมาทดสอบ จะมีดังนี้



รูปที่ 4.5-13 แนวคิด Convolution Neural Network

ตารางที่ 4.5-2 โมเดลที่ใช้ในการทดสอบ

Network	Top-1 error	Top-5 error
ResNet-18	30.24	10.92
ResNet-50	23.85	7.13
ResNet-152	21.69	5.94
ResNeXt-101-32x8d	20.69	5.47
VGG-11	30.98	11.37
VGG-19bn	25.76	8.15

(3) เลือกโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสม

จากตารางจะพบว่า Network VGG-11 ทำงานได้ดีที่สุด โดยจำนวนชั้น Fully Connected ที่ทำงานได้ดีจะอยู่ในช่วง 2 ถึง 4 ชั้น โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกที่ 2 ชั้น

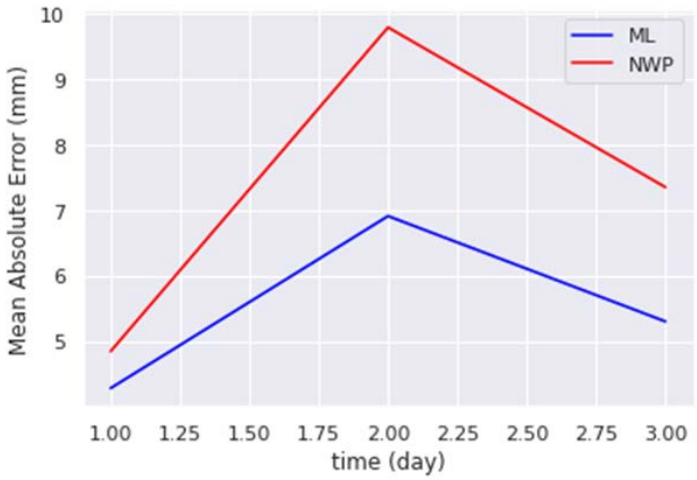
ตารางที่ 4.5-3 โครงสร้างโมเดลที่ใช้ในการทดสอบ

Network	1 layer	2 layer	3 layer	4 layer	5 layer	Average
ResNet-18	28.48866	14.43021	28.15271	12.81774	14.30661	19.63919
ResNet-50	24.63881	17.95799	14.18428	13.59174	22.07088	18.48874
ResNet-152	42.71761	13.24053	11.92981	33.21103	50.94227	30.40825
ResNeXt-101-32x8d	27.24077	15.24245	12.32707	15.11274	54.31651	24.84791
VGG-11	13.26101	11.53133	12.17073	14.05594	13.3356	12.87092
VGG-19bn	58.48582	48.45139	67.09495	44.86237	18.30004	47.43891
Average	32.47211	20.14232	24.30993	22.27526	28.87865	

4.5.1.4 การวัดผล

ในขั้นตอนการวัดผลจะนำโมเดลที่ได้จากการสอนในขั้นตอนก่อนหน้ามาทำนายข้อมูล Test set โดยตัววัดที่ใช้จะประกอบด้วย

(1) Mean Absolute Error



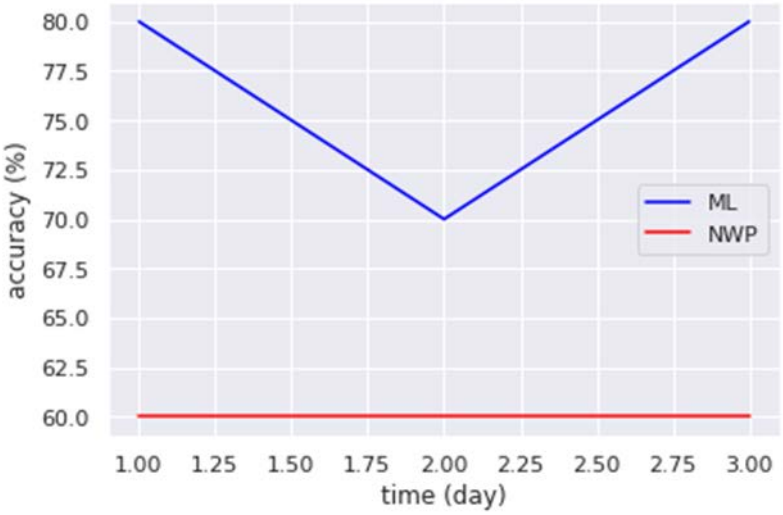
รูปที่ 4.5-14 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ค่า Mean Absolute Error หน่วยมิลลิเมตร ตามระยะเวลา

จากรูปที่ 4.5-14 พบว่าข้อมูล ML ผลรวมสรุปค่าความผิดพลาด (Mean Absolute Error) ของการพยากรณ์ปริมาณฝนรายวัน ทำได้ดีกว่าข้อมูลที่ได้จาก NWP เมื่อเทียบกับข้อมูลฝนรายสถานี

(2) ความแม่นยำ

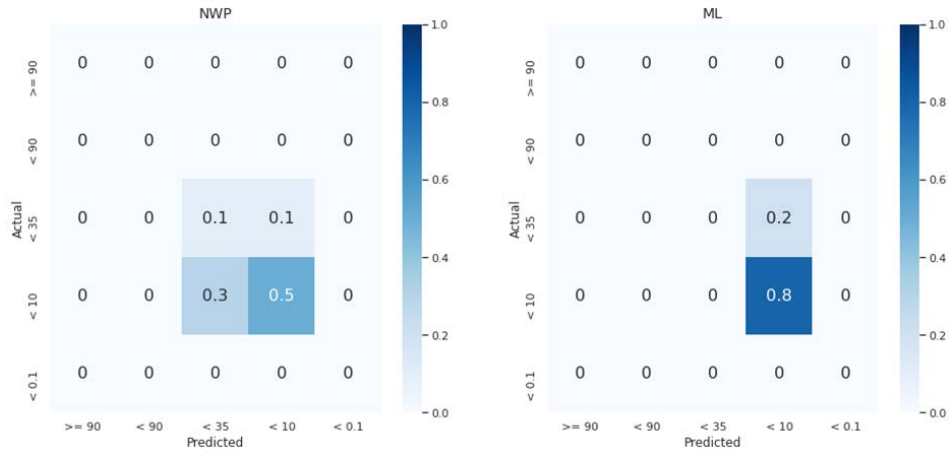
โดยการวัดความแม่นยำจะเริ่มจากการจัดกลุ่มข้อมูลตามปริมาณฝนออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

- น้อยกว่า 0.1 มม.
- น้อยกว่า 10 มม.
- น้อยกว่า 35 มม.
- น้อยกว่า 90 มม.
- 90 มม. ขึ้นไป

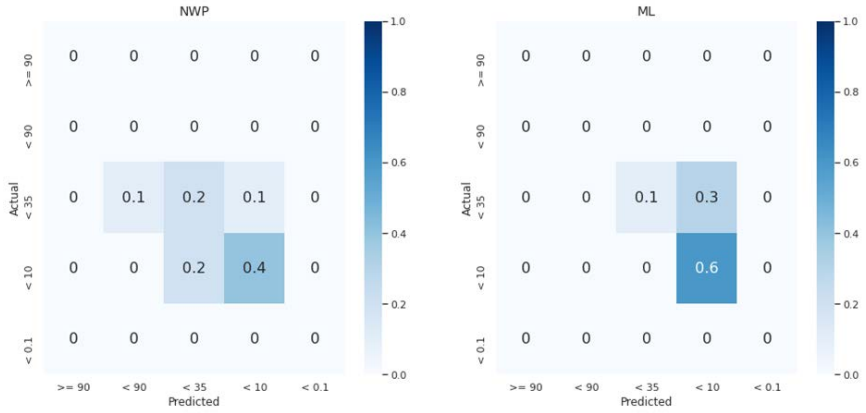


รูปที่ 4.5-15 กราฟเส้นความสัมพันธ์ Accuracy (%) ตามเวลา

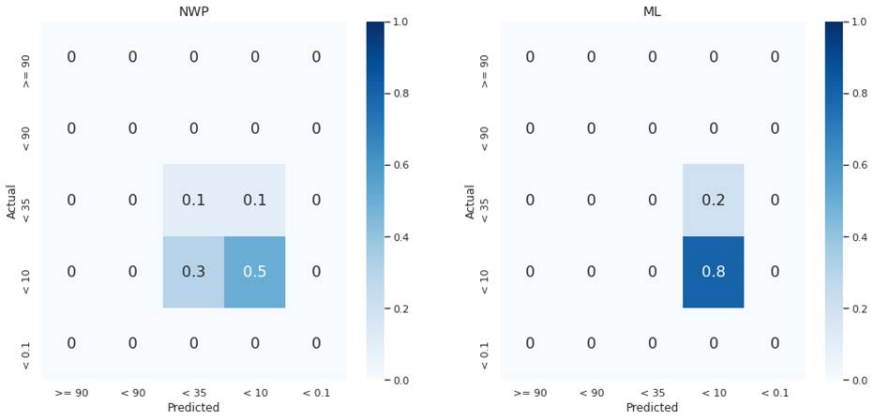
ตามรูปที่ 4.5-15 ค่าความถูกต้องรายสถานีของผลการพยากรณ์ปริมาณฝนรายวันของ เทคนิค ML มีค่าอยู่ระหว่าง 70%-80% ในขณะที่ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิค NWP อยู่ที่ 60% ในการพยากรณ์ทั้งแบบ NWP และ แบบ ML ในช่วง 1-3 วัน เทียบกับผลการตรวจวัดของสถานีจากที่ทางทีมงานได้จัดกลุ่มข้อมูลตามปริมาณฝน ตามรูปที่ 4.5-16 ถึง 4.5-18 เป็นการแสดง Confusion Matrix ของความน่าจะเป็นของการทำนาย (Predicted) แกน x เทียบกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Actual) แกน y โดยใช้ช่วงโอกาสที่จะเกิดรูปแบบนั้น (ปริมาณฝน 5 กลุ่ม) ระหว่าง 0-1 โดย 0 คือไม่เกิดรูปแบบนั้น และ 1 คือเกิดรูปแบบ ยกตัวอย่าง ถ้าค่าเป็น 0.5 ในช่อง ฝนตกมากกว่า 90 มิลิเมตร (>=90) หมายถึงมีโอกาสที่จะเกิดรูปแบบฝนตกมากกว่า 90 มิลิเมตรนั้น 50% เป็นต้น



รูปที่ 4.5-16 ความแม่นยำของการทำนายล่วงหน้า 1 วัน

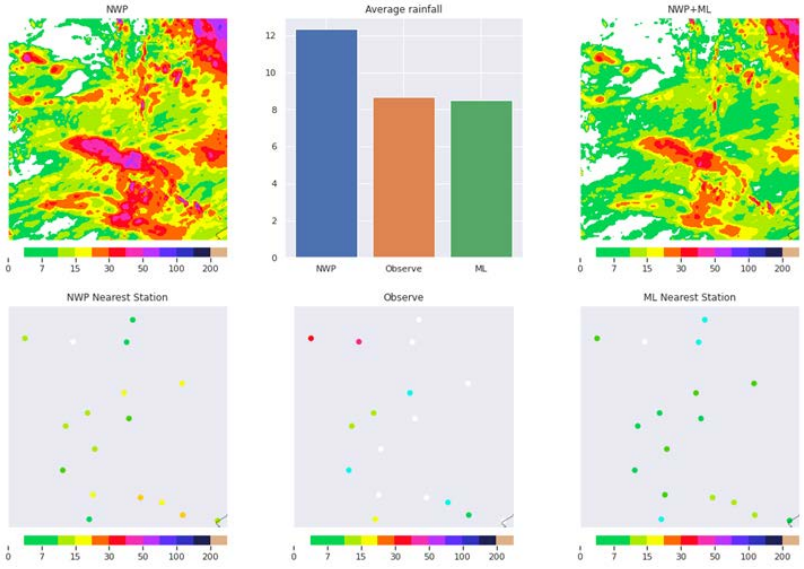


รูปที่ 4.5-17 ความแม่นยำของการทำนายล่วงหน้า 2 วัน



รูปที่ 4.5-18 ความแม่นยำของการทำนายล่วงหน้า 3 วัน

(1) ผลลัพธ์บนแผนที่



รูปที่ 4.5-19 ความแม่นยำเชิงพื้นที่ที่แสดงบนแผนที่

จากผลการศึกษาพบว่าโมเดลพยายามแก้ไขลดทอนข้อมูลที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติ และจะพยายามสงวนข้อมูลฝนตกน้อยถึงระดับปกติ และเมื่อเทียบกับปริมาณฝนสถานีการใช้ Machine Learning ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนทุกสถานีมีค่าใกล้เคียงกับสถานีมากกว่าข้อมูลจาก NWP แต่หากพิจารณาจากข้อมูลรายสถานีของ Machine Learning จะพบว่าข้อมูลจะโน้มเอียงไปทาง NWP มากกว่าข้อมูลสถานีเนื่องจากเป็นต้นฉบับของข้อมูล ทั้งนี้อาจสรุปได้เบื้องต้นว่าข้อมูลการพยากรณ์จะให้คำตอบเชิงพื้นที่ได้ดีกว่ารายสถานีที่มีความอ่อนไหวของข้อมูลมากกว่า

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงการประสบปัญหาจากสถานการณ์ COVID-19 ทำให้กิจกรรมหลายอย่างที่ตั้งไว้ไม่สามารถดำเนินการได้ทั้งนี้ทางโครงการได้พยายามแก้ไขปัญหาและดำเนินการบางส่วนเพื่อทดแทนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่เป็นไปได้ให้มากที่สุด ทั้งนี้บางกิจกรรมจะเป็นต้องยกเลิกเนื่องจากข้อจำกัดของเวลาในการพัฒนาโครงการ

5.1 บทสรุป

แนวคิดการบริหารจัดการน้ำตัวแปรที่สำคัญคือสภาพและปริมาณฝนซึ่งหากสามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้าอย่างแม่นยำ และใช้เวลาในการดำเนินการที่สั้นที่สุดจะช่วยให้การบริหารจัดการมีเวลาในการประเมินสถานการณ์และตัดสินใจโดยมีความคลาดเคลื่อนน้อย จะช่วยลดผลกระทบจากสภาพของทรัพยากรน้ำได้ ทั้งนี้การนำเอาเทคนิควิธีการสมัยใหม่มาเป็นเครื่องมือพัฒนาการพยากรณ์ฝนระยะสั้นและระยะกลางจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการทรัพยากรน้ำ ในด้านความถูกต้อง และใช้ระยะเวลาในการประมวลข้อมูลที่สั้นลง

วิธีการดำเนินงานทางโครงการใช้ข้อมูลตั้งต้นจากปี 2019 เป็นฐานในการศึกษา ซึ่งได้รับความร่วมมือจากกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมฝนหลวงและการบินเกษตร และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ เพื่อใช้ในการศึกษาและนำข้อมูล ECMWF ซึ่งเป็นข้อมูลพยากรณ์อากาศมาใช้ในการศึกษาการพยากรณ์ โดยข้อมูลจะถูกนำมาพัฒนาเป็นโมเดลการพยากรณ์ 2 รูปแบบ คือ แบบ Numerical Weather Prediction (NWP) และ แบบ Machine Learning (ML) เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ รวมถึงพัฒนากระบวนการที่ช่วยลดทอนความผิดพลาดของการพยากรณ์และทรัพยากรในการประมวลผล

การศึกษาการพยากรณ์ปริมาณฝนเพื่อพัฒนาโครงสร้างที่เหมาะสม

ในผลการศึกษา NWP ได้ค่า RMSE ของปริมาณน้ำฝนสะสม 6 ชั่วโมง โดยใช้การกำหนดค่าที่เหมาะสมคือ 0.5 มม. และ 9.2 มม. ตามลำดับสำหรับฤดูแล้งและฤดูฝน ความแม่นยำอยู่ที่ 97% และ 62% ตามลำดับ การประเมินใช้การสังเกตปริมาณน้ำฝนดาวเทียมที่ความละเอียด 0.1 องศาตามที่ตกลงในสัญญา RMSE ที่ 9.2 มม. / 6 ชม. มาจากผลลัพธ์ของโมเดล NWP แบบดิบและ ของทีมงานประเทศสิงคโปร์ จะทำงานอย่างหนักในโมเดล ML เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายบรรลุความแม่นยำ 70% ตามเป้าหมายและ RMSE ต่ำกว่า 9 มม. / 6 ชม. และจากผลการศึกษาพบว่าโมเดล ML พยายามแก้ไขลดทอนข้อมูลที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติ และจะพยายามสงวนข้อมูลฝนตกน้อยถึงระดับปกติ และเมื่อเทียบกับปริมาณฝนสถานีการใช้ Machine Learning ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนทุกสถานีมีค่าใกล้เคียงกับสถานีมากกว่าข้อมูลจาก NWP แต่หากพิจารณาจากข้อมูลรายสถานีของ Machine Learning จะพบว่าข้อมูล

จะโน้มเอียงไปทาง NWP มากกว่าข้อมูลสถานีเนื่องจากเป็นต้นฉบับของข้อมูล ทั้งนี้อาจสรุปได้เบื้องต้นว่าข้อมูลการพยากรณ์จะให้คำตอบเชิงพื้นที่ได้ดีกว่ารายสถานีที่มีความอ่อนไหวของข้อมูลมากกว่า

การดำเนินงานวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการทำให้ได้พัฒนาการทำงานกับ Hardware, Software, Database และ Application ทั้งการใช้ระบบแม่ข่ายในการรวบรวมและเตรียมข้อมูลตามที่ปรากฏในรายงานบทที่ 3 การใช้ Software, Database และ Application ในการวิเคราะห์ที่ปรากฏในบทที่ 3 และบทที่ 4 เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลให้เกิดผลลัพธ์ของโครงการ

การใช้ประโยชน์ผลวิเคราะห์ข้อมูลฝน

ทางโครงการได้จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการที่เผยแพร่ผลการศึกษาให้กับหน่วยงาน ซึ่งหน่วยงานให้ความสนใจการนำเทคนิค ML ไปใช้เนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรในการประมวลผลที่น้อยกว่า ทำให้ได้ความคิดเห็นในการนำมาพัฒนางานวิจัย โดยเฉพาะแนวทางของการนำเอาเทคนิค ML มาใช้ในการพยากรณ์ที่เป็นแนวทางของการพยากรณ์อากาศในปัจจุบัน

นอกจากนี้ทางโครงการได้เข้าร่วมประชุมกับกลุ่มงาน CO-RUN ที่เป็นงานการศึกษาร่วมกันของกลุ่มงานวิจัยที่ 3 ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการประมาณการน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน แม้ว่าในปัจจุบันข้อมูลจากทีมงานยังไม่ได้นำเข้าไปใช้ในการทำงานในกลุ่ม แต่ทางทีมงานได้ให้ความคิดเห็นและหารือร่วมกับทีมงานพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 14 วัน ในเรื่องทคนิค ML ที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์ของกลุ่มงานได้ ทั้งนี้ในอนาคตอาจมีการศึกษาการใช้ประโยชน์กระบวนการ ML ในการต่อยอดการศึกษางานด้านการพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 14 วันเพื่อช่วยให้การประเมินประมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างมีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรให้หน่วยงานที่เก็บข้อมูลเพิ่มจำนวนสถานีวัดปริมาณฝนระดับพื้นที่ให้มากขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นของข้อมูลปัจจุบันถือว่าไม่เพียงพอต่อการพัฒนาการพยากรณ์เชิงพื้นที่ในอนาคต
2) ควรให้มีการจัดเก็บข้อมูลการพยากรณ์ของหน่วยงานปัจจุบันจัดเก็บข้อมูลตัวแปรอื่น เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น และความกดอากาศ ซึ่งอยู่ในโมเดลการพยากรณ์อากาศ เพราะเป็นปัจจัยที่ต้องนำมาศึกษาในการพยากรณ์ฝนระยะสั้น
3) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำเอาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลเรดาร์ในการศึกษาปริมาณฝนและการตกของฝนเชิงพื้นที่เพื่อเสริมข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัด

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ในการศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ระยะสั้นเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องทรัพยากรการประมวลผล ดังนั้นทางโครงการได้มีความร่วมมือในการศึกษากับทีมวิจัยของประเทศสิงคโปร์ เพื่ออาศัยทรัพยากรดังกล่าวทั้งนี้ในส่วนงานวิจัยทางทีมงานประเทศไทยได้ทำการศึกษาแบบคู่ขนานโดยการอาศัยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมฝนหลวงและการบินเกษตร และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ เพื่อใช้ในการศึกษา โดยเทคนิคการทำงานประกอบด้วยการ Downscaling และ Machine Learning เพื่อปรับปรุงข้อมูลการพยากรณ์เดิมให้มีถูกต้องมายิ่งขึ้น เมื่อได้ผลการศึกษาแต่ละระยะจะมีการถ่ายทอดและฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ผลที่ได้รับจะถูกนำไปพัฒนาเนื้อหาการอบรมเพื่อใช้ในการอบรมในโครงการที่เกี่ยวข้อง

1) **การศึกษามีความยากและต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาเรียนรู้** ดังนั้นในการกำหนดกรอบการศึกษาตอนแรกอาจไม่ได้คำนึงถึงสถานการณ์ที่คาดไม่ถึง (COVID-19) ทำให้ไม่สามารถดำเนินการกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาตามสัญญาทำให้ทีมงานต้องดำเนินการให้บรรลุตามระยะเวลาเท่าที่เป็นไปได้
2) **ข้อจำกัดของข้อมูลในประเทศ** เนื่องจากการที่ข้อมูลพื้นฐานในประเทศไม่เพียงพอให้ทีมงานในต่างประเทศนำไปใช้เพื่อพัฒนาความถูกต้องของการพยากรณ์ ดังนั้นการกำหนดขอบเขตการศึกษาที่มีข้อมูลที่เพียงพอจะช่วยให้โครงการมีความสำเร็จมากยิ่งขึ้น
3) **การพัฒนาผู้เชี่ยวชาญที่จะเชื่อมโยงการศึกษา** เนื่องจากโครงการมีความซับซ้อนการพยายามศึกษาและรับการถ่ายทอดดังนั้นการมีผู้เชี่ยวชาญพิเศษอาจจำเป็นต้องอาศัยเวลาในการถ่ายทอด

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ทิพย์วรรณ ทอดแสน ไอศวรรย์ ชั้นกาญจน์ ศุจิรา กิตติราษฎร์ กนกศรี ศรินนภากร และ สุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร การวิเคราะห์ความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนระยะสั้นสำหรับประเทศไทยจากแบบจำลองสภาพอากาศ WRF การประชุมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557 จังหวัดขอนแก่น

ภาษาอังกฤษ

MohdZaki M. Amin, Marini M. Ideris, Mohamad Fikry Abdullah and ZurinaZainol2017Big Data Analytics Technology for Water Risk Assessment and Management

EmilcyHernaandez, Victor Sanchez-Anguix, Vicente Julian, Javier Palanca2016Rainfall Prediction: A Deep Learning Approach

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2016. Next Generation Earth System Prediction: Strategies for Subseasonal to Seasonal Forecasts. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/21873.

Sarinnapakorn,K., Thodsan, T., Torsi, K., Chaowiwat, W., and Boonya-Aroonnet, S., Precipitation Data Assimilation WRFDA (4DVar) for Heavy Rainfall in Thailand, The 14th CAS-TWAS-WMO Forum, International Symposium on Coupled Data Assimilation, July 5-8, 2015, Beijing, China

Manomaiphiboon, K., Boonya-Aroonnet.S., Sarinnapakorn, K., Assareh, N., Aman, N., Tantianuparp, P., Thodsan, T., Pratumthong, A. (2017) Improvement of Input Spatial Information to Support Meteorological Modeling. Final report, jointly conducted by Hydro and Agro Informatics Institute and the Joint Graduate School of Energy and Environment, funded by Hydro and Agro Informatics Institute.

Sarinnapakorn,K., Thodsan, T., Torsi, K., Boonya-Aroonnet, S., Qin, X. (2016) Numerical Simulation of Bangkok Heavy Rainfall with Urbanization Effects. International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2016) in conjunction with the 1st International Conference on Climate Technology and Innovation (CTI2016), November 28-30, 2016, DusitThani Hotel, Bangkok, Thailand.

Torsri, K., Wannawong, W., Sarinnapakorn, K., Boonya-Aroonnet, S., and Chitradon, R., An Application of Air-Sea Model Components in the Coupled Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport (COAWST) Modeling System over an Indochina Peninsular Subregion: Impact of high spatiotemporal SST on WRF model in precipitation prediction, AOGS, The 11th Annual Meeting, July 28 – August 1, 2014, Sapporo, Japan.

Reggiani P., Sivapalan M. and Hassanizadeh S. M. A unifying framework for watershed thermodynamics:Balance equations for mass, momentum, energy and entropy and the second law of thermodynamics.Advances in Water Resources, 22(4):367–398, 1998.

Reggiani P., Sivapalan M. and Hassanizadeh S. M. Conservation equations governing hillslope responses:Exploring the physical basis of water balance. Water Resources Research, 36(7):1845–1863, 2000.

Reggiani P., Sivapalan M., Hassanizadeh S. M. and Gray W. G. Coupled equations for mass and momentumbalance in a stream network: Theoretical derivation and computational experiments. Proceedings of theRoyal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 457(2005):157, 2001.

Reggiani P. and Weerts A. H. A Bayesian approach to decision-making under uncertainty: An application toreal-time forecasting in the River Rhine. Journal of Hydrology, 356:56–69, 2008.

Reichl J. P. C.,Western A.W., McIntyre N. R. and Chiew F. H. S. Optimization of a similarity measure for estimatingungauged streamflow. Water Resources Research, 45:W10423, DOI:10.1029/2008WR007248, 2009.

Renard B., Kavetski D. and Kuczera G. Comment on “An integrated hydrologic Bayesian multimodelcombination framework: Confronting input, parameter, and model structural uncertainty in hydrologicprediction” by Ajami Q. Y., Duan N. K. and Sorooshian S. Water Resources Research, 45:W03603,DOI:10.1029/2007WR006538, 2009.

Renard B., Kavetski D., Kuczera G., Thyer M. and Franks S. W. Understanding predictive uncertainty inhydrologic modeling: The challenge of identifying input and structural errors. Water Resources Research,46:W05521, DOI:10.1029/2009WR008328, 2010.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บันทึกการประชุม

ภาคผนวก ก

บันทึกการประชุม

การประชุมเริ่มโครงการ

โครงการ “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่”

และ การศึกษาเทคโนโลยี AIoT เพื่อการพยากรณ์สภาพอากาศในประเทศไทย

โดย

บริษัท Envision

ณ ห้องประชุม 103 ตึกอรุณสรเทศน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563

การประชุมเพื่อเริ่มโครงการงานวิจัย

โครงการ “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลฝนขนาดใหญ่ เพื่อการวางแผนงานการบริหารจัดการน้ำ”

ณ ห้องประชุม 103 ตึกอรุณสรเทศน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563

ผู้เข้าร่วม

1.	รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.	Dr.Tony Song	Envision Digital International Pte Ltd
3.	Mr.Henry Tay	Envision Digital International Pte Ltd
4.	ผศ.ดร.สุกรี สินธุภิญโญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.	ดร.ปิยะธิดา เรืองรัศมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6.	นายศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7.	นายชานนท์ รัศมีประเสริฐ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8.	นายธรณินทร์ เป่าสง่า	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9.	นายต้า เกริยติไกรวัลศิริ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.	นส.หทัยทิพย์ สิริพงศ์พันธ์	Envision Digital International Pte Ltd
11.	นายเลอบุญ อุดมทรัพย์	กรมชลประทาน
12.	นางเพชรินทร อรุณรัตน์	กฟผ. หัวหน้าแผนกบริหารจัดการน้ำ
13.	นางวันเพ็ญ แก้วแกมทอง	กฟผ. หัวหน้ากองจัดการทรัพยากรน้ำ
14.	นายธราธร วัฒนพิมล	กฟผ. นักคอมพิวเตอร์
15.	น.ส.กนกพร เลิศเดชาภัทร	กรมชลประทาน วิศวกรระดับ 6
16.	นายสมควร ต้นจาน	กรมอุตุนิยมวิทยา ผู้อำนวยการส่วนพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข
17.	น.ส.ธิดารัตน์ คำคง	มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
18.	ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
19.	นายสุชล ด้วงเงิน	กรมชลประทาน วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ
20.	น.ส.มนัสวี บัวศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดการ

เวลา	หัวข้อ	ผู้นำเสนอ
8.-.น 309.00 น.	ลงทะเบียน	
9.-.น 009.20 น.	กล่าวเปิดการประชุม	รศสุจริต คูณธนกุลวงศ์.ดร.
9.-.น 209.40 น.	เปิดงานและกล่าวแนะนำ ภาพรวมโครงการ - ปฏิทินโครงการ - โครงสร้างองค์กร เป้าหมายในการจัดทำ	Mr.Henry Tay/Dr.Tony Song
9.40 น-.10.30 น.	Numerical Weather Prediction model set up	Dr.Sun Xiangming
10.30 น.-11.00 น.	พักรับประทานของว่าง	
11.-.น 0012.00 น.	หารือแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	
12.00 น-.13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.-.น 0014.00 น.	Machine Learning Technique for Weather	Dr.Lin Miao
14.00 น-.14.45 น.	หารือแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	
14.-.น 4515.00 น.	วางกำหนดการทำงานระยะต่อไป	

1. ผลลัพธ์ของโครงการ คือ ข้อมูลอากาศในระยะเวลา 1 ปี ทั้งประเทศไทย ขนาด 1 คูณ 1 กิโลมิเตอร์ สำหรับ 4 ข้อมูลหลัก

    1) อุณหภูมิ

    2) ลม

    3) ความชื้น

    4)ปริมาณฝน

2. การสร้างและแบ่งปันความรู้ เป็นหัวข้อหลักอย่างนึงของโครงการ การประชุมเชิงปฏิบัติการ จะถูกจัดขึ้น 2 ครั้ง เพื่อหัวข้อนี้

3. การประชุมเชิงปฏิบัติการ ที่ กรุงเทพ ในเวลา หนึ่งวันครึ่ง จะถูกจัดขึ้นในเดือนมีนาคม 2563 ประกอบด้วย ผู้เข้าร่วม – สมาชิกทุกคน (กำหนดการอบรมฯ 9-10 มีนาคม 2563)

4. กำหนดการอบรมเชิงปฏิบัติการคร่าวๆ ข้อแนะนำ 1 วันสำหรับ หัวข้อ ML และครึ่งวัน สำหรับ หัวข้อ NWP หัวข้อ NWP, จะจัดเตรียม กรณีศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ร่วมกัน หัวข้อ ML, จะจัดเตรียม อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อการทดลองใช้ของผู้เข้าร่วม

5. การประชุมเชิงปฏิบัติการ ที่ สิงคโปร์ ในเวลา หนึ่งวันครึ่ง จะถูกจัดขึ้นในเดือนตุลาคม 2563

6. รายละเอียดจะครอบคลุมหัวข้อเช่นการประชุมที่กรุงเทพ และเพิ่มเติมในส่วนของข้อมูลล่าสุดจากการประมวลผลสามช่วงหลักของโครงการ ประกอบไปด้วย (ภาพร่วมโครงการ 18 เดือน**)**

    1) Modeling & NWP (6 เดือน).

    2) ML (6 เดือน).

    3) นำส่งผลลัพธ์ของโครงการ (6 เดือน).

อภิปรายผล

- Envision ย่อมช่วยทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลจากสถานี AWS (1,036 สถานี)
- สามข้อมูลหลักของโลก ที่คงใช้ในโครงการนี้ 1. ECMWF 2.UK Met Office 3.US GFS
- วิธีส่งผลสองวิธีคือ 1.FTP 2.API, แนะนำให้ทำการทดสอบ API
- ต้องการ TMD เพื่อส่งข้อมูล สถานีอากาศอย่างน้อย 2 ปีและภาพเรดาร์ระดับข้อมูล 2/3
- ตัวชี้วัดสำหรับผลการวัด 1. ใช่ / ไม่ใช่ สำหรับในแง่ของความถูกต้อง 2. ความเข้มของน้ำฝนในแง่ของข้อผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)
- เลือกฤดูฝนสำหรับการตรวจสอบ

ข้อกำหนดการดำเนินการ

1. Envision จะออกแบบเพิ่มเติมสำหรับ การประชุมเชิงปฏิบัติการ
2. ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของ Observation data (ตามไฟล์แนบ).

Observation Requirement

Weather attributes	Learning target	Periods	Frequency	Properties
Rainfall	Station	At least 1 year	Hourly / 3 hourly	Small coverage, accurate
	Radar image	At least 6 months, L3/L2/ Image format	5 minutes / 15 minutes	Large coverage, whole domain, less accurate
	GPM			Self-collected, less accurate than Radar
Temperature	Station	At least 1 year	Hourly	
Humidity				
Wind				

หทัยทิพย์ สิริพงศ์พันธ์ / **Envision-digital** — ๑๙ กุมพาพันธ์ ๒๕๖๓

บันทึกโดย — วันออกประกาศ

โทนี่ ซง / **Envision Meteorology**

Director — ๑๙ กุมพาพันธ์ ๒๕๖๓

รับรองโดย — วันรับรอง

เอกสารอ้างอิง

1. Envision Digital - Water Management Project Kick
2. Envision Digital - Water Management Project Kick Off_2020Feb14_NWP
3. Envision Digital - Water Management Project Kick Off_2020Feb14_ML

Study of AIoT Weather Forecast System Technology in Thailand

Research Project Kick Off 14-02-2020

Copyright © 2018 Envision. All rights reserved. Confidential – Not for unauthorized distribution

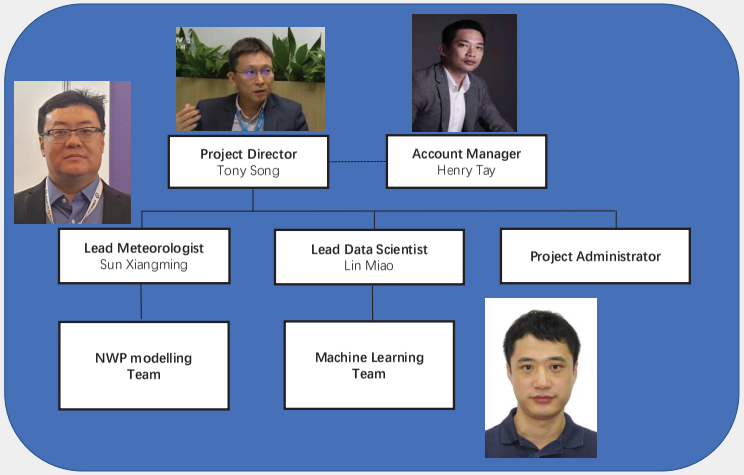
Agenda

Presenter/Host	Topic	Venue	Begin
Dr.Sucharit	Welcome Introduction	Meeting Room	09.00
Henry Tay/ Dr.Tony Song	Open and Introduction Project Overview - Project Schedule - Team Organization - Domain Setup	Meeting Room	09.20
Dr.Sum Xiangming	Numerical Weather Prediction Model Setup	Zoom Conference	09.40
All	Tea Break	Meeting Room	10.30
Henry Tay	Discussion	Meeting Room	10.40
All	Lunch		12.00
Dr.Lin Miao	Machine Learning Technique for Weather Forecast	Zoom Conference	13.00
Henry Tay	Discussion	Meeting Room	14.00
All	To Do Action List	Meeting Room	14.45

Content

- Team Introduction
- Project Schedule
- Atmospheric modelling progress
- Machine Learning Plan and Solution
- Communication Protocol
- First Workshop Date

Envision Project Organization Chart

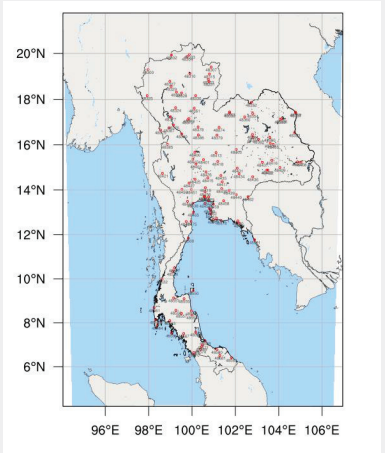


Project Schedule

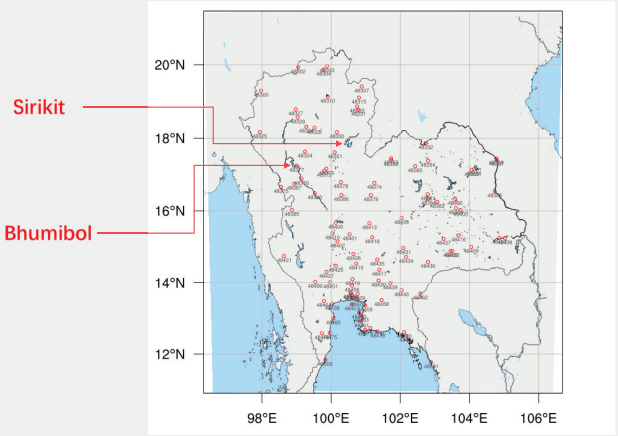
ID	AIoT Weather Forecast System Project Schedule	Duration	Month 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Proposed Overall Schedule	360 days																		
2	Kick Off Meeting	1day																		
3	Dynamic downscaling the NWP data to 1km by 1km Resolution and compare and share the results monthly starting from 2nd month.	180 days																		
4	Applying machine learning algorithms to the calibrated NWP data for further improve the accuracy. The result will be compare and share monthly. An User Interface will also be developed to visualize the weather forecast data.	180 days																		
5	Deliver operational forecast data for 6 months.	180 days																		
6	Final Report with Recommendations	1 day																		
7	Final Meeting and Future Roadmap	1 day																		

Atmospheric Model Domain

Whole Thailand Domain Running in real-time

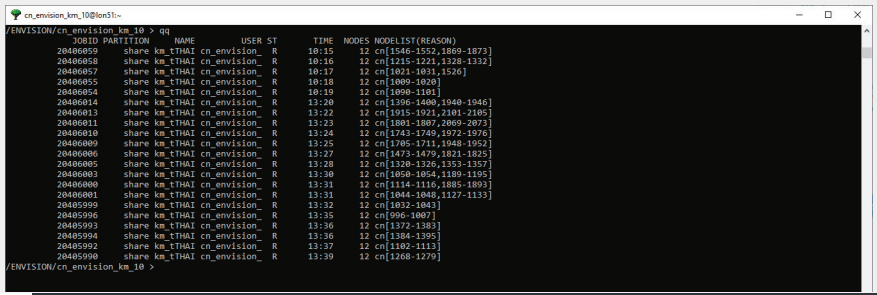


North Thailand Domain under optimization



Atmospheric Model Optimization

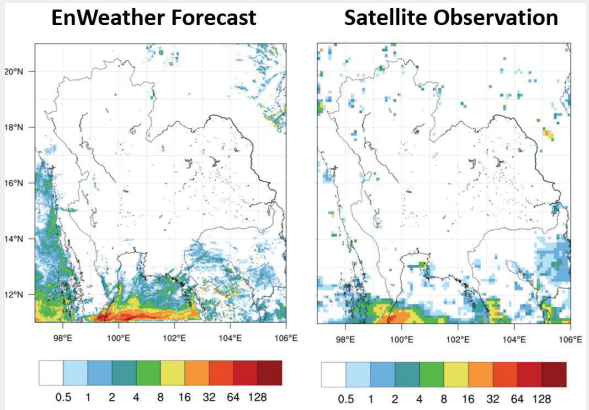
1. More than 5000 experiments need to be tested using 24,000 cores
2. Model physics optimization
3. Model seasonal optimization
4. Utilize observation from AIoT platform, Uni. Chulalonkorn and/or TMD)



Preliminary Results

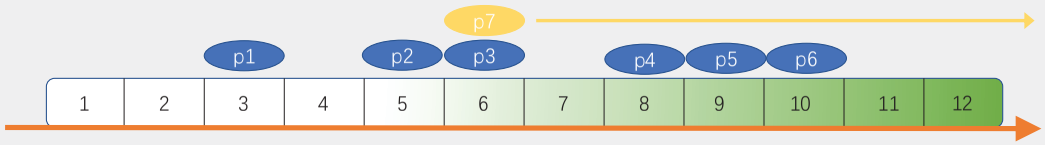
Drought Simulation Comparison

Accumulated rainfall 15 Nov – 1 Dec 2019



Machine Learning Development Timeline

- p1 Preparation: observation data, weather pattern analysis, prepare first workshop
- p2 Build ***temperature*** forecast model pipeline
- p3 Build ***humidity*** forecast model pipeline
- p4 Build ***rainfall*** forecast model pipeline and evaluate/tune ***temperature/humidity*** model
- p5 Build ***wind*** forecast model pipeline and evaluate/tune ***rainfall*** model
- p6 Evaluate/tune ***wind*** model
- p7 Optimize models for a particular area / region



Observation Requirement

Weather attributes	Learning target	Periods	Frequency	Properties
Rainfall	Station	At least 1 year	Hourly / 3 hourly	Small coverage, accurate
	Radar image	At least 6 months, L3/L2/ Image format	5 minutes / 15 minutes	Large coverage, whole domain, less accurate
	GPM			Self-collected, less accurate than Radar
Temperature	Station	At least 1 year	Hourly	
Humidity				
Wind				

Communication Protocol

Communication Methods: LINE, Email, Zoom Meeting

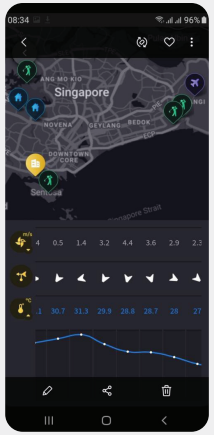
- Downscaling – Sun Xiangming, xiangming.sun@envision-digital.com
- Machine Learning – Lin Miao, miao.lin@envision-digital.com
- General / Commercial matters – Henry Tay, henry.tay@envision-digital.com
  – Tony Song, guiting.song@envision-digital.com

Thank You

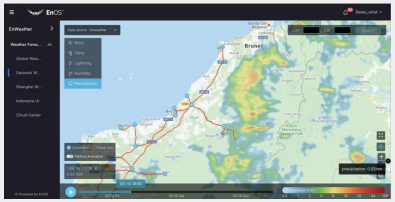
Open Discussion

Co-develop Application

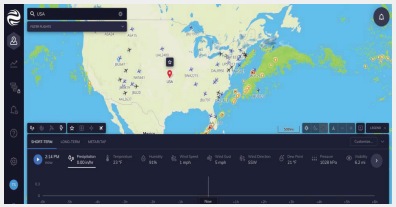
Mobile App



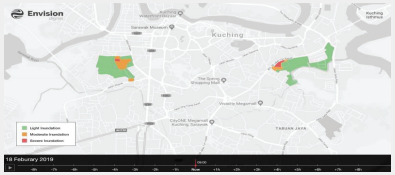
Reservoir and Grid



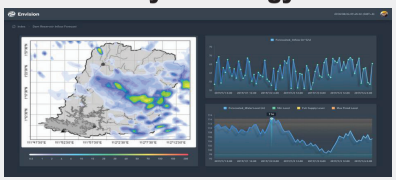
Aviation



Flash Flood



Hydro Energy



Publication or Patent

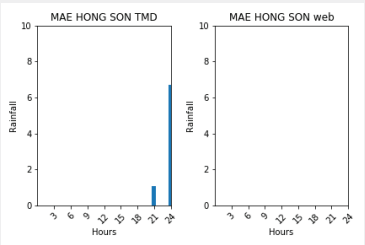
Observation Problem

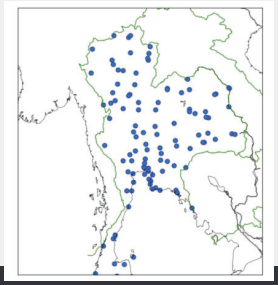
3 years and hourly historical observation are expected: station and radar

Observation TMD VS Web

Dam observation

2019-12-28 TMD vs web





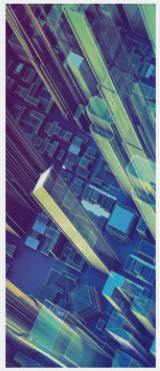
ftp & Internet

ftp a bit slow for big volume data

api need to be tested

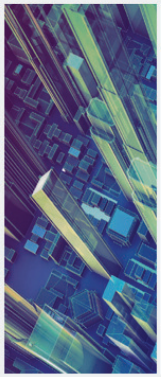
Real-time Comparison?

AIoT Weather Forecast Technology Workshop Agenda
Morning Session (930am to 12pm)



Begin	Topic	Presenter / Host
0930	Opening and Introduction	**Henry Tay** Regional Manager
0945	AIoT Weather Forecast Technology Overview	**Tony Song** Director, Weather Solutions
1015	Numerical Weather Prediction Model	**Sun Xiangming** Lead Meteorologist
1100	Tea Break	
1115	Meteorological Data Processing	**Sun Xiangming** Lead Meteorologist
1200	Lunch Break	

AIoT Weather Forecast Technology Workshop Agenda
Afternoon Session (1pm to 5pm)



Begin	Topic	Presenter / Host
1300	Session Recap	**Henry Tay** Regional Manager
1315	Downscaling	**Sun Xiangming** Lead Meteorologist
1400	Machine Learning Techniques for Numerical Weather Forecast - Part 1	**Lin Miao** Lead Data Scientist
1500	Break	
1515	Machine Learning Techniques for Numerical Weather Forecast - Part 2	**Lin Miao** Lead Data Scientist
1615	Discussion	**All**

Observation Requirements

Thailand whole domain

Data Type	Usage	Periods	Frequency
Weather station	Rainfall / temperature / humidity / wind	At least 1 year; rainfall (1 or 3 hourly) to include at least 9 months in rainy season of July, Aug and Sep across 2017, 2018 and 2019	Hourly
Radar data	Rainfall	At least 9 months in rainy season (July, Aug, Sep 2017~2019)	5 minutes

Observation for two dams

Dams	Data Type	Periods	Frequency	Suggested station
Sirikit dam	Weather station: rainfall / wind observation	At least 1-3 year	Hourly / 3 hourly	Unknown, better within 10KM distance
Bhumibol dam				Station: 48377 (17.24, 99.002), ~4KM

Study of AIoT Weather Forecast System Technology in Thailand

Weather modelling

Dr Sun Xiangming
Staff Meteorologist

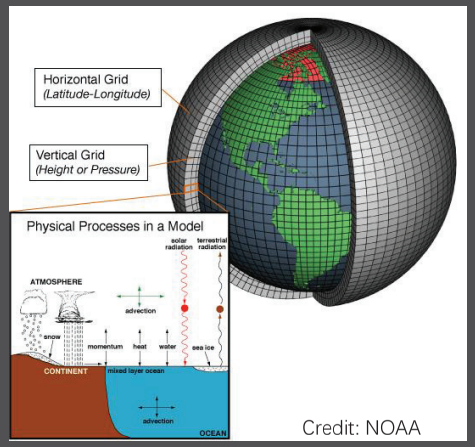
Copyright © 2018 Envision. All rights reserved. Confidential – Not for unauthorized distribution

Outline

- Background knowledge
- Technology solution
- Progress update
- Near-future plan
- Discussion

Background knowledge

Numerical Weather Prediction (NWP) Model



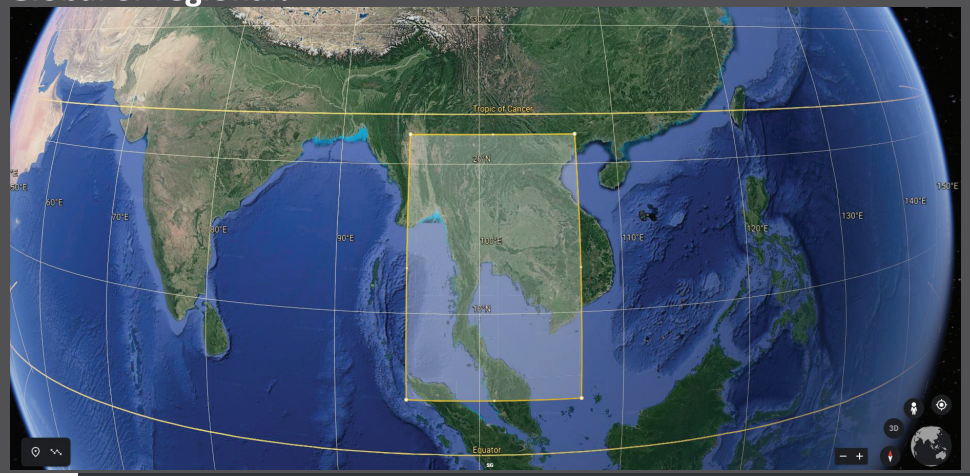
Credit: NOAA

To find numerical solution of discretised governing equations of the atmosphere:

- Momentum equations
- Continuity equation
- Thermodynamic equation
- State equation

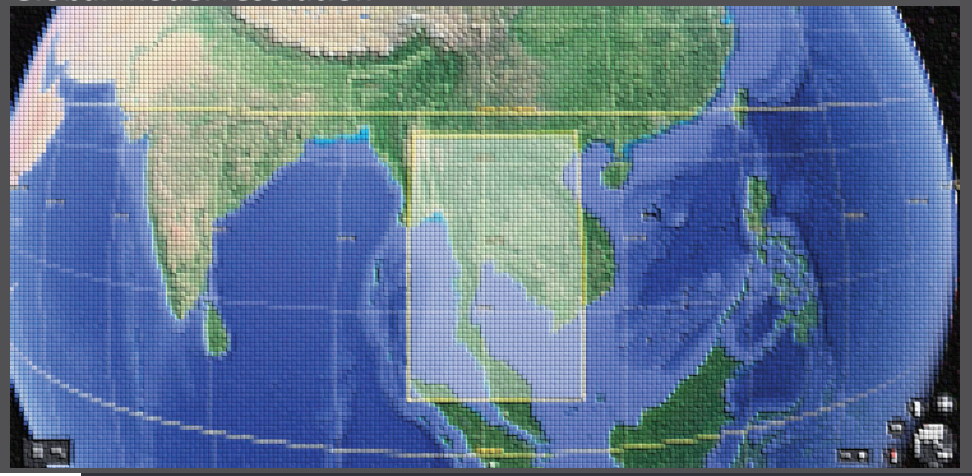
Background knowledge

Global or regional?



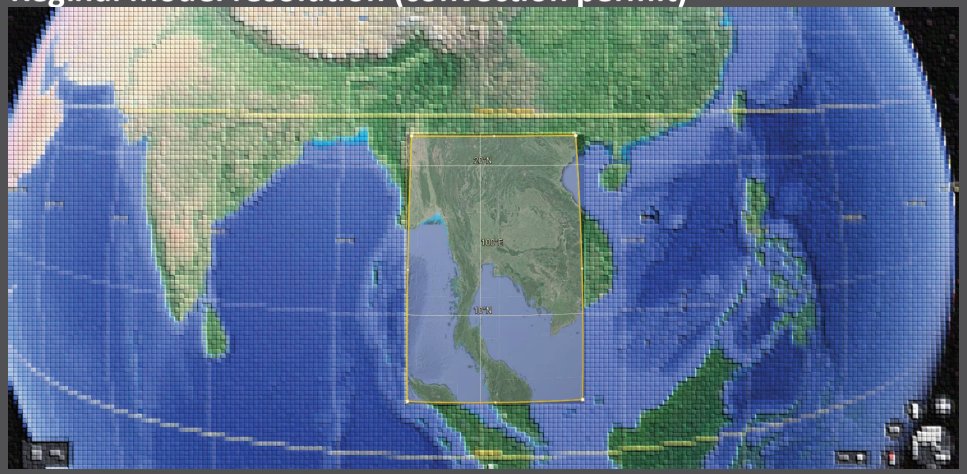
Background knowledge

Global model resolution



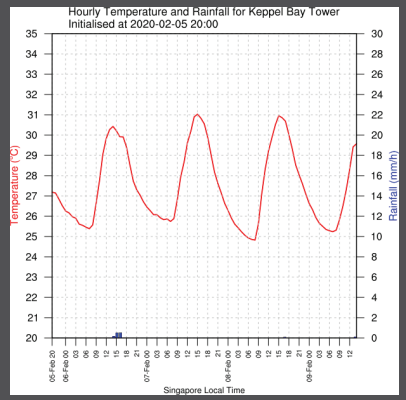
Background knowledge

Reginal model resolution (convection permit)

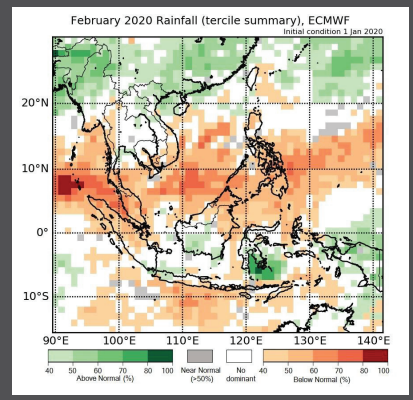


Background knowledge

Time scale



Hours/days



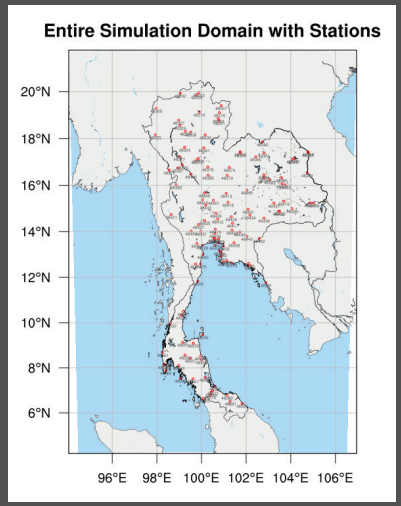
Months/years/century

Technology Solution

- **Sub-selection of global NWP model**
  ECMWF's Integrated Forecasting System cycle 45r1
- **Optimising regional NWP model**
  Dry season and rain season
- **Utilising observations as much as possible**
  Envision AIoT platform, Thailand side
- **Application of tailored machine learning algorithm**
  Dr Lin Miao's talk in the afternoon
- **High-Performance Computer (HPC)**
  HPC has been used since July 2019 for Thailand domain

EnWeather NWP model setup

- **Place holder**
- **Robustness test**
- **Stability test**
- **Model setup**
  - 1350x1950x68
  - 1km resolution
  - 196 nodes = 4,704 cores

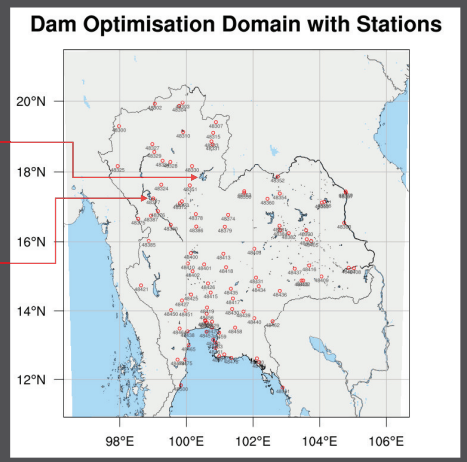


EnWeather NWP model optimisation

Targeting at the two dams
- Bhumibol
- Sirikit

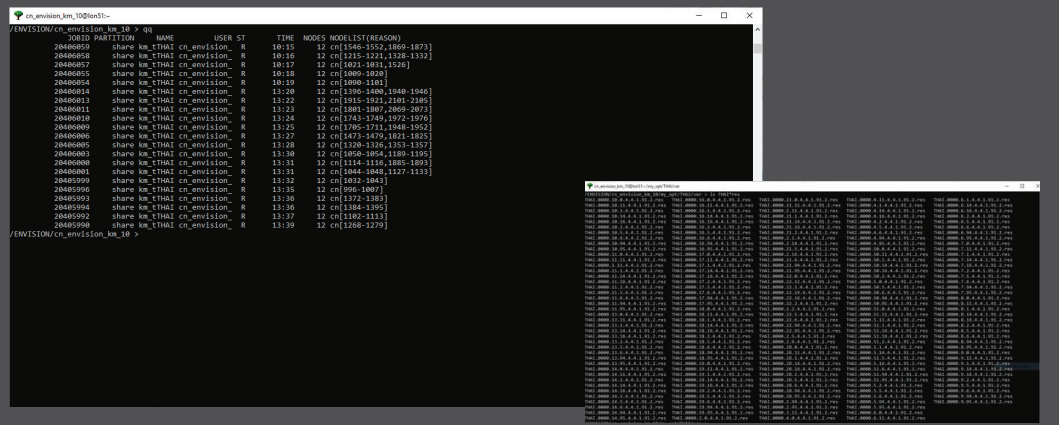
Metrics
- RMSE
- Accuracy

Model setup
- 361x391x68
- 3km resolution
- 12 nodes = 288 cores



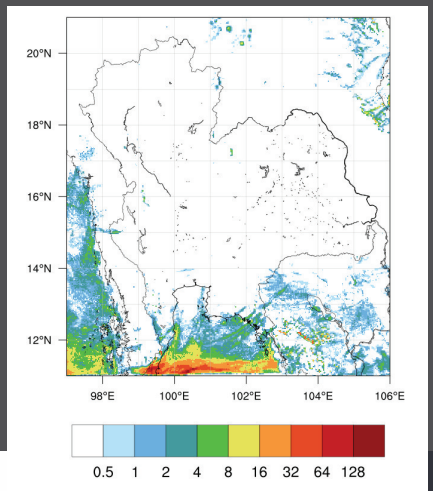
EnWeather NWP model optimisation

~ 5000 experiments to be competed by 24,000 cores

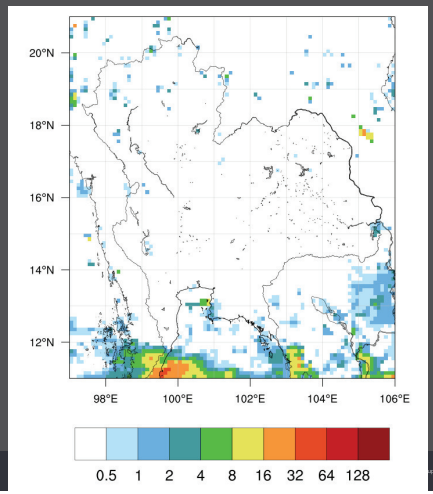


Preliminary Results (accumulated rainfall in the 2nd half of Nov 2019)

EnWeather Forecast



Satellite Observation



Envision digital

Near-future Plan

OPTIMISATION FOR RAIN SEASON

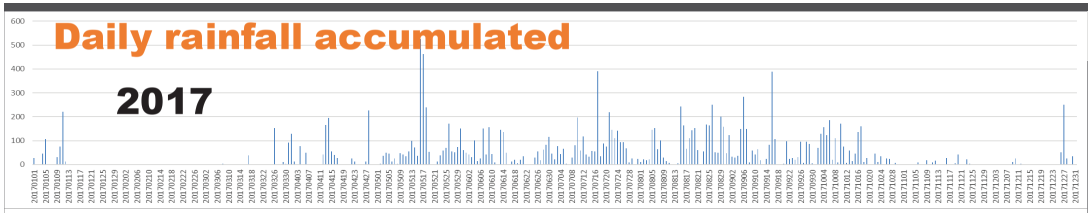
FREEZE 1ST VERSION MODEL CONFIG (FEB 2020)

RESULTS SHARING & WORKSHOP (MARCH 2020)

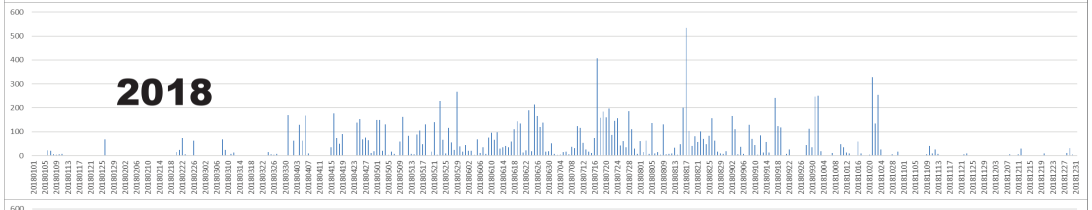
Envision digital

Daily rainfall accumulated

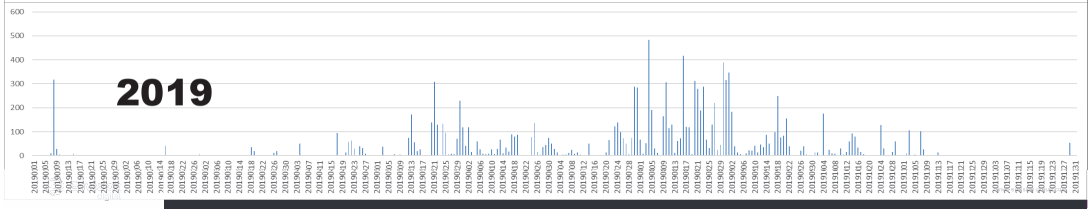
2017



2018

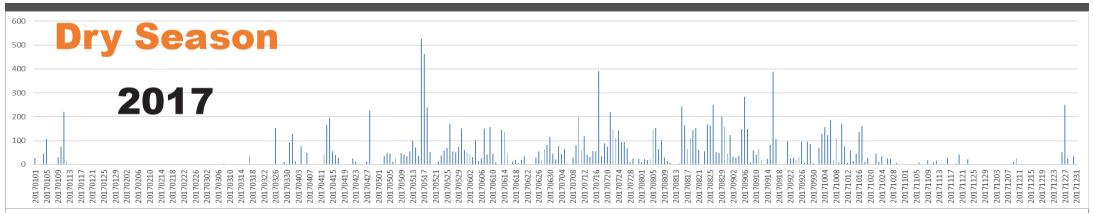


2019

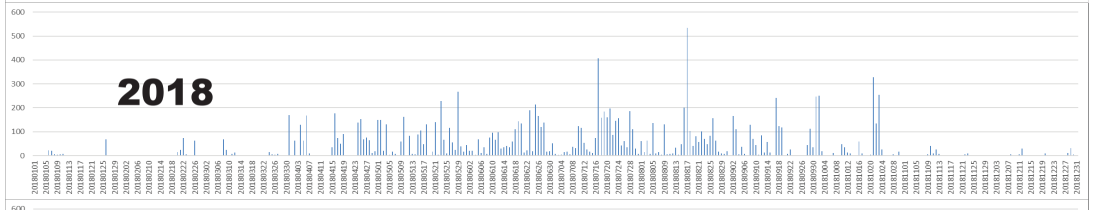


Dry Season

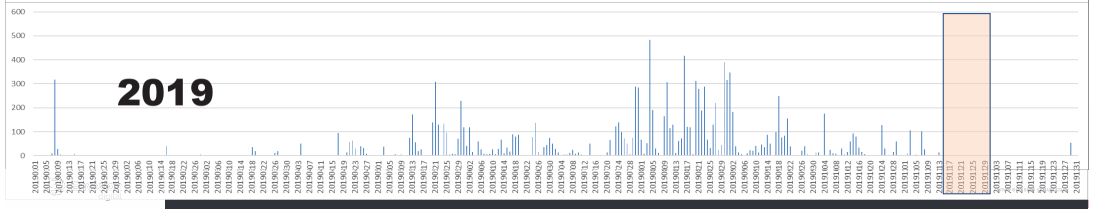
2017



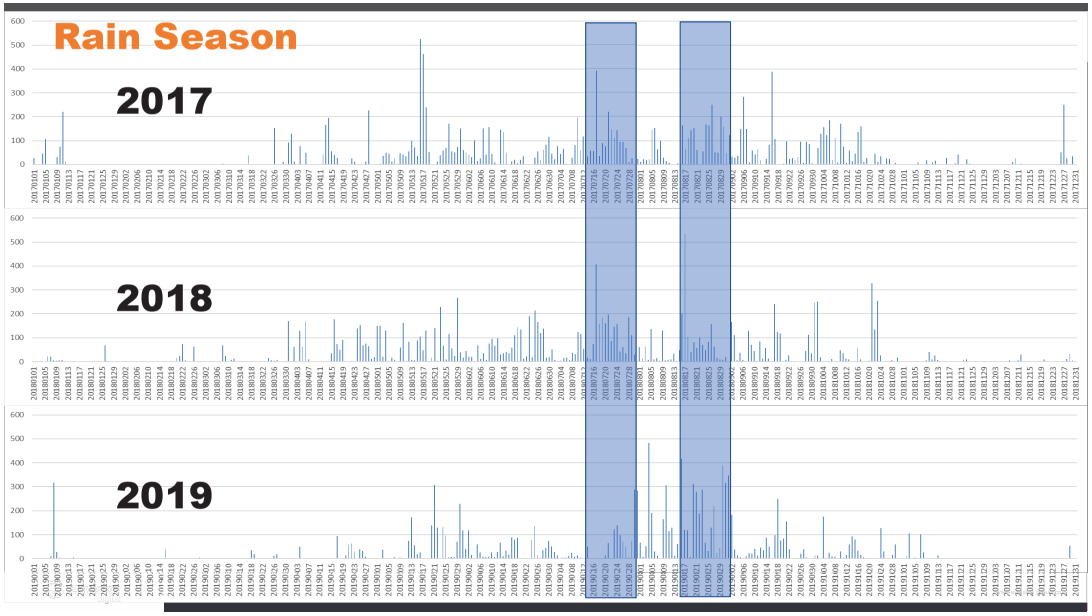
2018



2019

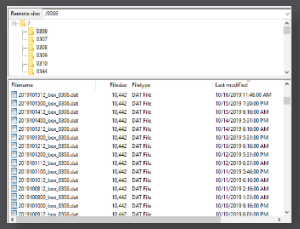


Rain Season

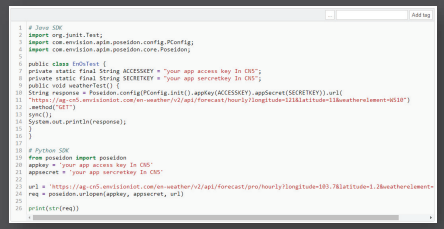


Results sharing in Mar 2020

FTP/SFTP

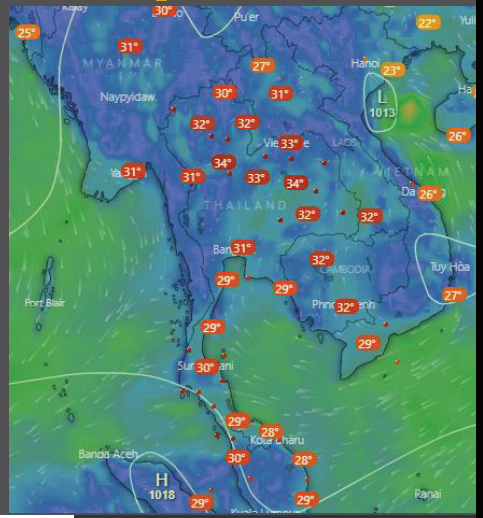


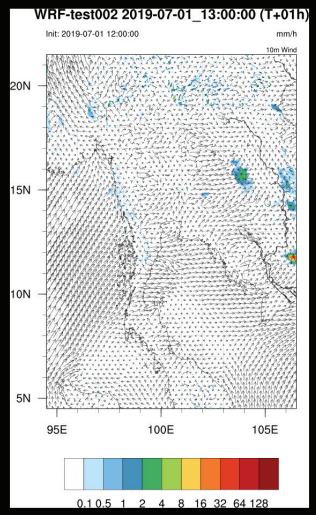
API



```
# Java SDK
import org.junit.Test;
import com.envision.apim.poseidon.config.PConfig;
import com.envision.apim.poseidon.core.Poseidon;

public class EnOsTest {
private static final String ACCESSKEY = "your app access key In CN5";
private static final String SECRETKEY = "your app sercretkey In CN5";
public void weatherTest() {
String response = Poseidon.config(PConfig.init().appKey(ACCESSKEY).appSecret(SECRETKEY)).url(
"https://ag-cn5.envisioniot.com/en-weather/v2/api/forecast/hourly?longitude=121&latitude=31&weatherelement=W510")
.method("GET")
sync();
System.out.println(response);
}
}

# Python SDK
from poseidon import poseidon
appkey = 'your app access key In CN5'
appsecret = 'your app sercretkey In CN5'

url = 'https://ag-cn5.envisioniot.com/en-weather/v2/api/forecast/pro/hourly?longitude=103.78latitude=1.28weatherelement=
req = poseidon.urlopen(appkey, appsecret, url)

print(str(req))
```


Workshop In Mar 2020 on NWP modelling





Discussion

1. **Observations requirement (Dr LIn Miao)**
2. **Results sharing**
3. **Workshop**
   - **Envision will draft agenda/content first**
   - **Jointly with Uni Chulalongkorn and TMD?**

Thank you

Study of AIoT Weather Forecast System Technology in Thailand

Machine Learning

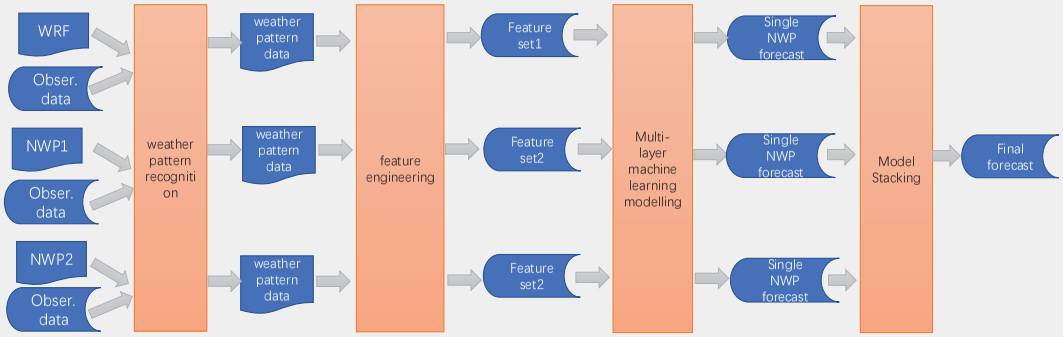
Dr. Miao Lin

Copyright © 2018 Envision. All rights reserved. Confidential – Not for unauthorized distribution

Agenda / Monthly Report Template

- Preparation / Misc
  - Overall architecture / plan
  - Observation data
  - Machine learning workshop
- Model Development
  - Temperature / humidity model : %
  - Rainfall model: %
  - Wind model: %
- Monthly Evaluation
  - Latest month evaluation
  - Performance comparison (comparison with other NWPs: IBM, EC)
  - Explanations, issues studied etc.
- To-dos

Overall Architecture



Solution overview: Temperature / Humidity Forecast

- Input data
  - NWP Data
    - Global forecast: GFS, EC
    - Our own forecast: WRF
    - Weather attr. from surface level
  - Observation data
    - Thailand weather station data
- Target data
  - Use station data as the learning target
- Weather data clustering and preprocessing
  - Weather pattern clustering
- Feature set
  - Common features
  - Features at surface level
- Single layer modelling
  - First layer
    - Modeling temperature directly

Solution overview: Rainfall Forecast

- Input data
  - NWP Data
    - Global forecast: GFS, EC
    - Our own forecast: WRF
    - Weather attr. from various level
  - Observation data
    - GPM: global rainfall data
    - Thailand weather station data
    - Radar image data
- Target data
  - Use GPM as the learning target
  - Combine GPM and station data
- Weather data clustering and preprocessing
  - GPM smoothing
  - Map station data and GPM data
- Feature set
  - Common features
  - Features at various pressure level
  - Features between different level
- Two layers of modelling
  - First layer
    - Modeling rainfall probability
  - Second layer
    - Modeling rainfall volume

Solution plan – Main principles

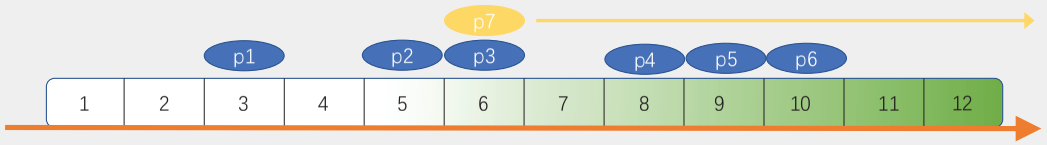
- **One model per weather attribute (at least)**
  - Rainfall, temperature, humidity, wind: 4 different models
- **Pipeline first, accuracy later**
  - Use less challenging attribute to build the machine learning pipeline
  - Difficulty order
    - rainfall > wind > temperature = humidity
  - Deploying order
    - temperature & humidity -> rainfall -> wind
- **Improvement strategy**
  - **Model retrain / tuning**
    - Use latest / most relevant observation
    - Tune input weather attributes
    - Design model per area per season
  - **New model design / development**

Technical Stack for machine learning components

- Machine learning techniques
  - Linear modelling
  - Tree-based modelling
  - Time series modelling
  - Deep learning models
    - CNN, LSTM
    - ConvLSTM, TrajGRU
    - 3D Conv in CNN
    - GAN
  - Model ensemble
  - Feature selection / reduction
- Other techniques
  - Data query: *sql, mongoDB*, etc
  - Working environment: *Linux, Bash*
  - Code review / management: *git*
  - Python environment: *miniconda*
  - Regular forecast job: *crontab*

Solution Plan – development timeline

- p1 Preparation: observation data, weather pattern analysis, prepare first workshop
- p2 Build ***temperature*** forecast model pipeline
- p3 Build ***humidity*** forecast model pipeline
- p4 Build ***rainfall*** forecast model pipeline and evaluate/tune ***temperature/humidity*** model
- p5 Build ***wind*** forecast model pipeline and evaluate/tune ***rainfall*** model
- p6 Evaluate/tune ***wind*** model
- p7 Optimize models for a particular area / region

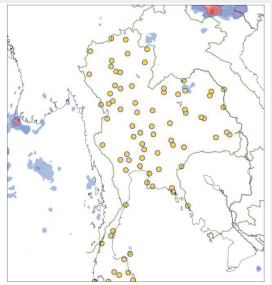


Observations: general requirements

Weather attributes	Learning target	Periods	Frequency	Properties
Rainfall	Station	At least 1 year	Hourly / 3 hourly	• Small coverage: a few Grid points • Most accurate
	Radar data or image	At least 9 months in rainy season (July, Aug, Sep 2017~2019)	5 minutes	• Large coverage • Whole domain • Less accurate
	GPM		30 minutes	• From AIoT platform • Good coverage gridded product • Less accurate
Temperature / humidity / Wind	Station	At least 1 year	Hourly	
Upper air sounding		At least 1 year	6 or 12 hourly	• Accurate upper air measurement • Less frequent • Poor coverage

Observations analysis (1)

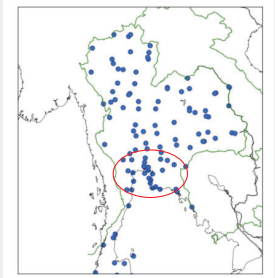
data	No. of Stations	Periods	Freq.	Usage	Issues
tmd_weather3Hours	126	1 month	3 hour	• ML model learning target • evaluation	Short periods, better more than 6 months



Obs. from website

Obs. from TMD

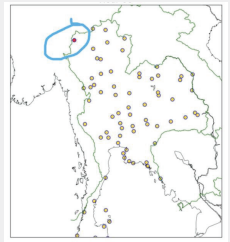
TMD has more stations!



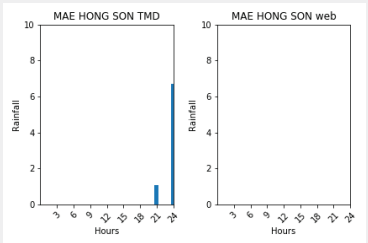
Observations analysis (2)

Rainfall comparison between TMD data and weather station data from website

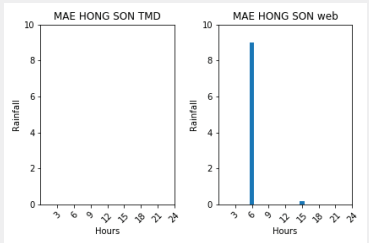
- http://www.aws-observation.tmd.go.th/web/reports/weather_minute.asp
- Use Mae Hong Son as an example (in blue circle)
- Some inconsistency for raining cases
- ***Suggestion***: get more data for long term comparison



2019-12-28 TMD vs web



2019-12-29 TMD vs web



Observations analysis (3)

From TMD

data	No. of Stations	Periods	Freq.	Usage
rain_tmd_2017-2019	12	3 years: 2017-2019	• Daily • One record per day	• Evaluation only

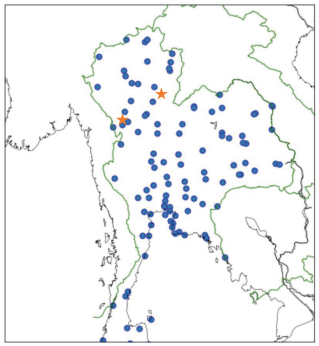
Issues:

- Low frequency, cannot use in modelling, better hourly / 3 hourly
- No lat/lon for each station

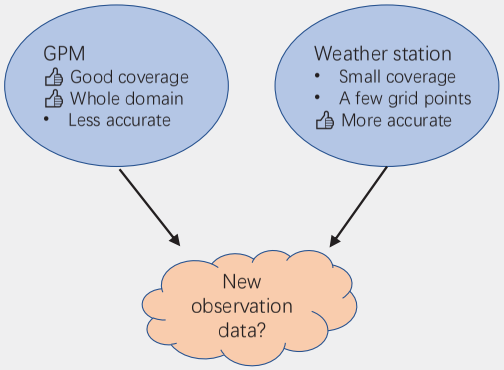
Observations analysis (4)

Observation data for two dams

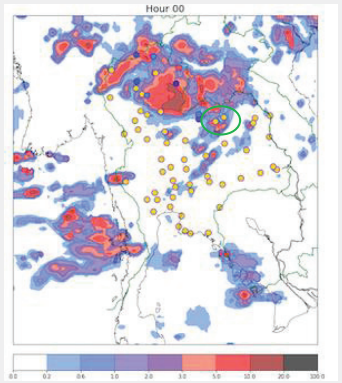
	Sirikit dam catchment	Bhumibol dam catchment
Location	• Lat: 17.76 • Lon: 100.56	• Lat: 17.24 • Lon: 98.97
File TMD 2017-2019	Cannot verify	Cannot verify
File TMD 3 hours	• No nearby record • Nearest one is UTTARADIT (17.61, 100.1) • ~70km	• Station: 48377 (17.24, 99.002), ~4km • No raining from 2019-12-09 to 2020-01-09
File Web	• No nearby record • Nearest one same as above	• Station 6: same • No raining from 2019-12-09 to 2020-01-09
Remarks	• Need to have a nearby weather station ~10km • With raining period records • From July to Sep yearly	• With raining period records • From July to Sep yearly



GPM calibration



Background: GPM data
Station (circles):



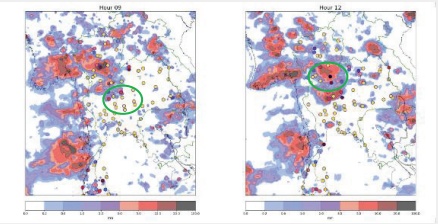
GPM calibration: methodology

- Correct on hour interval basis can offset geographic error
  - 3, 6, 8 and 24 hours summation
- Match distributions
  - Filter small rainfall – cutoff point
- Region to point
  - Add more nearby rainfall information to the points, e.g., 5*5, 7*7, 9*9
- Linear regression
  - Principal component analysis
- Neural network model
  - Learn region feature to point

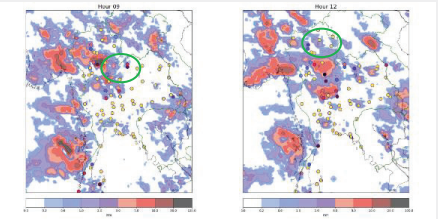
GPM calibration: results

Hour aggregation	GPM loss vs station	ML loss vs station
3	7.48	4.86
6	12.94	7.59
8	16.03	8.93
24	32.58	16.76

Before calibration



After calibration



Machine Learning workshop

Topic 1: use machine learning in weather forecast overview

- Weather forecast overview
- Why / How to use machine learning in weather forecasts?
- Performance overview of using machine learning in weather forecast
- Customer uses cases
- Q&A

Topic 2: case study of weather forecast using machine learning models

- Case study 1
  - rainfall forecast using multi-layer XGBoost
  - 25 minutes
- Case study 2
  - Wind speed forecast using deep learning models
  - 25 minutes
- Q&A

Thank You

Appendix

Project Schedule

ID	AIoT Weather Forecast System Project Schedule	Duration	Month 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Proposed Overall Schedule	360 days																		
2	Kick Off Meeting	1day																		
3	Dynamic downscaling the NWP data to 1km by 1km Resolution and compare and share the results monthly starting from 2nd month.	180 days																		
4	Applying machine learning algorithms to the calibrated NWP data for further improve the accuracy. The result will be compare and share monthly. An User Interface will also be developed to visualize the weather forecast data.	180 days																		
5	Deliver operational forecast data for 6 months.	180 days																		
6	Final Report with Recommendations	1 day																		
7	Final Meeting and Future Roadmap	1 day																		

Communication Protocol

Communication Methods: LINE, Email, Zoom Meeting

- Downscaling – Sun Xiangming, xiangming.sun@envision-digital.com
- Machine Learning – Lin Miao, miao.lin@envision-digital.com
- General / Commercial matters – Henry Tay, henry.tay@envision-digital.com
  – Tony Song, guiting.song@envision-digital.com

ภาคผนวก ข

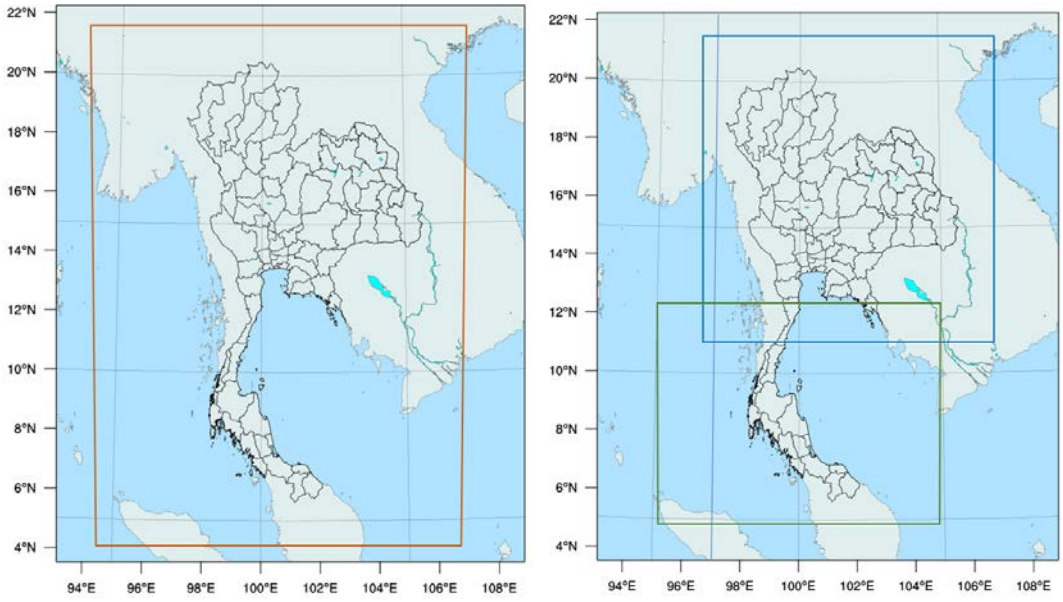
คำอธิบายการกำหนดรุ่น NWP

ภาคผนวก ข

คำอธิบายการกำหนดรุ่น NWP

1. การตั้งค่ารุ่น NWP

เมื่อพิจารณาระยะละติจูดเกือบ 15 องศาเราจำเป็นต้องตรวจสอบว่ากลยุทธ์ใดดีกว่า: การจำลองโดเมนเดียวครอบคลุมทั้งประเทศไทยดังแสดงในรูปที่ 2a หรือใช้โดเมนสองโดเมนแยกกันเป็นรูปที่ 3b



(a) (b)

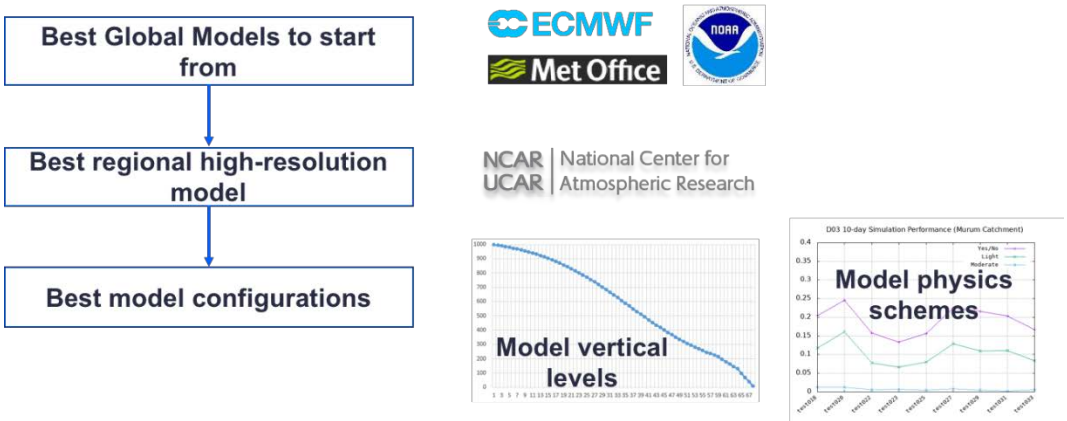
รูปที่ 1 การตั้งค่าโดเมนแบบจำลอง NWP

โมเดล ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ NWP สร้างขึ้นตาม ENOSTM ของ Envision และชุมชน NWP เป็นแบบจำลองการวิจัยสภาพอากาศและการพยากรณ์ (WRF) แพลตฟอร์ม ENOSTM ของ Envision ให้สภาพแวดล้อมการคำนวณเช่นเดียวกับการไหลของข้อมูลในขณะที่โมเดล WRF เป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักในการดำเนินการรวมของสภาพบรรยากาศด้วยความละเอียดที่อนุญาตการพาความร้อนในระดับกิโลเมตร คำอธิบายโดยละเอียดของโมเดล WRF สามารถพบได้ในหมายเหตุทางเทคนิค NCAR v3 โดย Skamarock, W. C. , J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang และ J. G. Powers, 2008 (หมายเหตุด้านเทคนิคของ NCAR, NCAR / TN-475 + STR) โมเดล ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ NWP สามารถใช้สำหรับการจำลองที่มีความละเอียดสูงถึงสองสามร้อยเมตรและในโครงการนี้เราตั้งค่าความละเอียดไว้ที่ 1 กม. การปรับให้เหมาะสมจะดำเนินการที่ 3 กม. เพื่อช่วยเร่งการค้นหาสำหรับการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุด

การเพิ่มประสิทธิภาพจะดำเนินการผ่านสองโดเมนแยกต่างหาก (รูปที่ 3b) และได้รับการระบุสำหรับภาคเหนือของประเทศไทย RMSE ของปริมาณน้ำฝน 6 ชั่วโมงโดยใช้การกำหนดค่าที่เหมาะสมคือ 0.5 มม. และ 9.2 มม. ตามลำดับสำหรับฤดูแล้งและฤดูฝน ความถูกต้องคือ 97% และ 62% ตามลำดับ การประเมินกำลังใช้การสังเกตปริมาณน้ำฝนผ่านดาวเทียมที่ความละเอียด 0.1 องศา ตามที่ตกลงในข้อตกลง RMSE ขนาด 9.2 มม. มาจากรุ่น NWP แบบดิบและเราเชื่อว่าด้วยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร RMSE สามารถลดลงได้ต่ำกว่า 9 มม. ตามที่เราสัญญาไว้ การกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับภาคใต้จะแล้วเสร็จในไตรมาสที่ 2 เมื่อได้รับการยืนยันว่าการกำหนดค่าแยกกันสองรายการให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการจำลองโดเมนแยกกันสองรายการจะถูกตัดสินเป็นโซลูชันสำหรับโครงการนี้

2. ข้อมูลโมเดลการขับเคลื่อน NWP

แบบจำลอง ทีมวิจัยด้านภูมิอากาศจากประเทศสิงคโปร์ NWP ลดการพยากรณ์อากาศทั่วโลกจากระบบ ECMWF IFS (รอบ 45r1 ก่อนวันที่ 11 มิถุนายน 2562 และรอบที่ 46r1) ซึ่งมีความละเอียดแนวนอน 10 กม. ระบบ ECMWF IFS ใช้เฟรมเวิร์กไดนามิกที่ทันสมัยที่สุดเทคนิคการรวบรวมข้อมูลและการเชื่อมต่ออากาศและทะเลซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากจากการลดอัตราการสุ่มต่อไปที่ความละเอียด 1 กม. ข้อมูลการขับขี่จาก ECMWF อยู่ที่ระดับของรูปแบบซึ่งมีข้อผิดพลาดประดิษฐ์ขั้นต่ำที่นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับความดันเช่นที่จัดทำโดยชุดข้อมูล NCEP GFS นี่คือเหตุผลหลักที่เราเลือกชุดข้อมูลนี้เป็นแหล่งการขับขี่ของเรา รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนสำหรับการสร้างแบบจำลอง NWP สำหรับโครงการนี้



รูปที่ 2 แผนภูมิการไหลแบบจำลอง NWP

ภาคผนวก ค

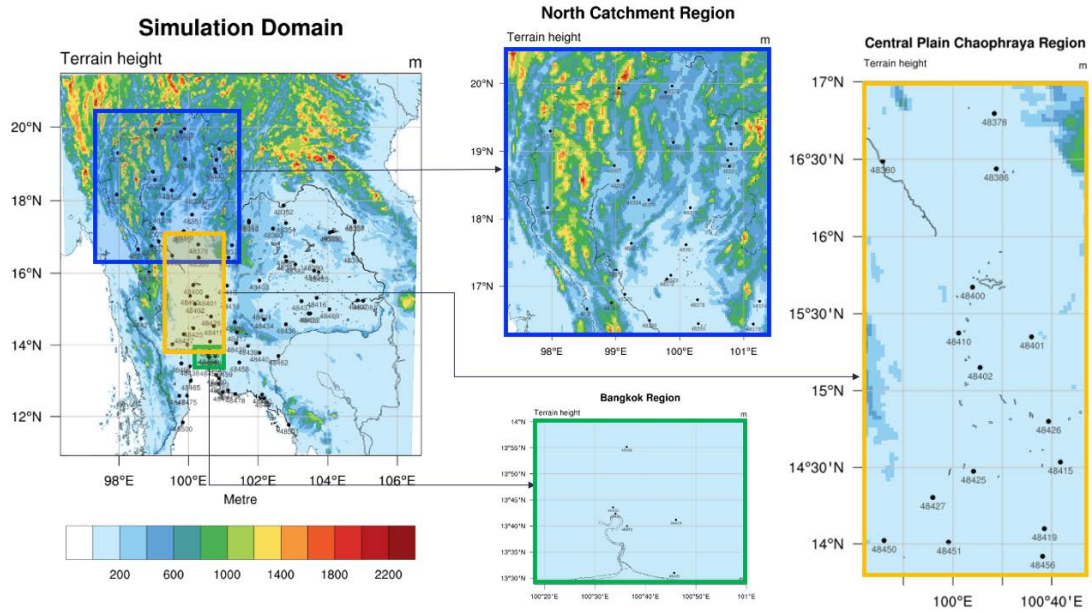
การวิเคราะห์ของ RAINFALL ในภูมิภาคที่แตกต่างกัน

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ของ RAINFALL ในภูมิภาคที่แตกต่างกัน

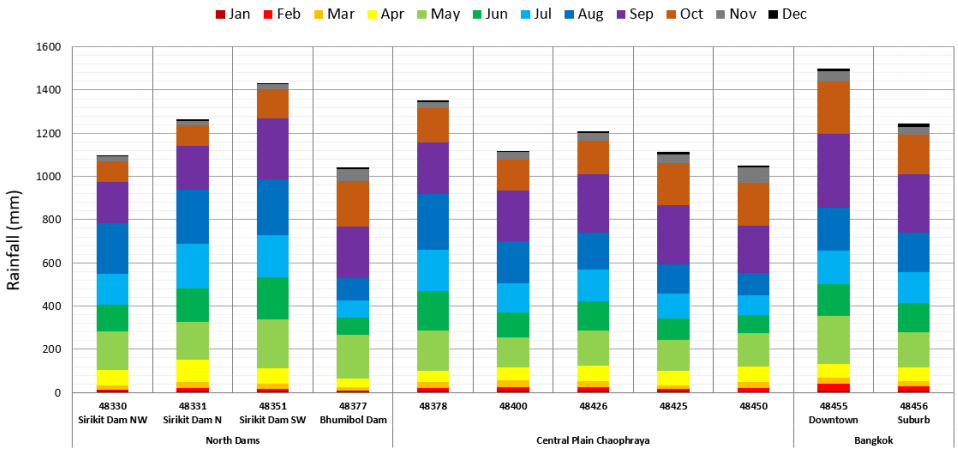
1. การวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา

มีการเลือกสามภูมิภาคสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยดังแสดงในรูปที่ 1: พื้นที่เก็บกักน้ำภาคเหนือ (กล่องสีน้ำเงิน), พื้นที่ราบกลางตอนกลาง (กล่องสีน้ำตาล) และพื้นที่กรุงเทพฯ (กล่องสีเขียว) ที่มีสถานีตรวจอากาศบนแผนที่



รูปที่ 1 โดเมนการวิเคราะห์สำหรับทั้งสามภูมิภาค: ภาคเหนือ (กล่องสีฟ้า), พื้นที่ธรรมดาภาคกลาง (กล่องสีน้ำตาล) และพื้นที่กรุงเทพฯ (กล่องสีเขียว) ที่มีสถานีอากาศพื้นผิวติดฉลาก

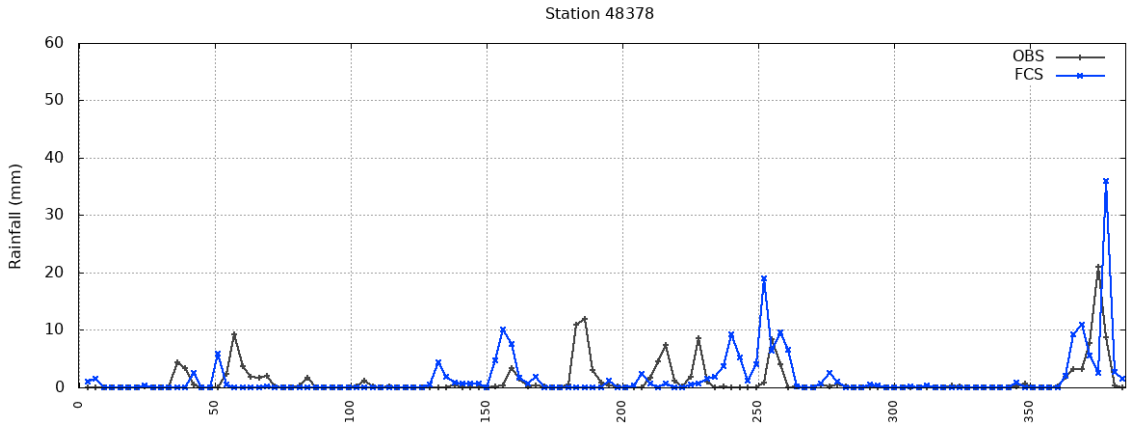
เห็นได้ชัดว่า 30 ปีฝนตกอุตุนิยมวิทยาภูมิอากาศจะถูกกองไว้สำหรับสถานีกระจายไปทั่วสามภูมิภาคดังกล่าว เป็นที่ชัดเจนว่าในเดือนสิงหาคมและกันยายนปริมาณน้ำฝนจะสูงที่สุดในปี นี่เป็นเพราะตำแหน่งของเขตบรรจบระหว่างเขตร้อน (Inter Tropical Convergence Zone หรือ ITCZ) ตั้งอยู่เหนือพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคเหนือของประเทศไทยเมื่อการพัฒนาของฝนและกิจกรรมพายุหมุนเขตร้อนมีความเคลื่อนไหวมากที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากอิทธิพลของเอฟเฟ็กต์ภูมิประเทศทำให้สัญญาณนี้ไม่ชัดเจนในบางสถานที่เช่นสถานีที่ตั้งอยู่ที่เขื่อน Bhumbibal



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย 30 ปีของสถานีในสามภูมิภาค

2. การจำลองการพยากรณ์ตลอด 24 ชั่วโมง

การจำลองแบบจำลองในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 15 ส.ค. 2562 ถึง 30 ส.ค. 2562 ดำเนินการเพื่อประเมินว่าการจำลองสามารถใช้กับสถานีเฉพาะในสามภูมิภาคได้ดีเพียงใด RMSE สำหรับปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงคือ 4.1 มม. 3.2 มม. และ 1.9 มม. ตามลำดับสำหรับภาคเหนือภาคกลางและกรุงเทพมหานคร ความแม่นยำที่สอดคล้องกันคือ 64%, 68% และ 73% เนื่องจากการประเมินผลดำเนินการโดยใช้มาตรฐานที่เข้มงวดมากทั้งในการแก้ปัญหาเชิงพื้นที่ (สถานีที่ฉลาดเมื่อเทียบกับ 10 กม.) และการแก้ปัญหาชั่วคราว (รายชั่วโมงแทนที่จะเป็น 6 ชั่วโมงต่อชั่วโมง) ผลแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างหนึ่งของการจำลองเหนือสถานี 48378 ที่คุณสามารถเห็นว่าปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ (เส้นโค้งสีน้ำเงิน) สามารถจับภาพเหตุการณ์ฝนส่วนใหญ่ (เส้นโค้งสีดำ) ได้ทั้งในจังหวะและความเข้ม



รูปที่ 3 การคาดการณ์ระยะสั้น 15 วันในระยะเวลา 15 วันเหนือสถานี 48378 ในเขตที่ราบภาคกลาง