



แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัยและนวัตกรรม ฉบับสมบูรณ์ (Full Proposal)
งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF)
จัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2568
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

แผนงานของหน่วยงาน

แผนงาน ความเป็นกลางทางคาร์บอนและการจัดการของเสียและเศษเหลือทางการเกษตร

ข้อมูลทั่วไป

รายละเอียดโครงการ

รหัสโครงการ	4777527
รหัสข้อเสนอการวิจัย	2568A11112085
ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด
ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ)	Forecasting Air Pollution (PM2.5) In the Northern Upper Thailand Using Hybrid Artificial Neural Networks
งบประมาณเสนอขอ	400,000 บาท
งบประมาณรวมตลอดโครงการ	400,000 บาท
สถานะงาน	ผู้ประสานหน่วยงานกำลังตรวจสอบ (3)
ประเภทของการวิจัย	การวิจัยพื้นฐาน (Basic Research)
โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ ได้ยื่นขอรับการพิจารณาเป็นโครงการเพื่อขับเคลื่อนการบรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ (โครงการสำคัญ) ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปีงบประมาณที่ยื่นขอรับการจัดสรรงบประมาณ	ได้ยื่นขอรับการพิจารณาเป็นโครงการสำคัญ ในปีงบประมาณที่ยื่นขอรับการจัดสรรงบประมาณ
โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ สอดคล้องหรือสนับสนุนแผนแม่บทย่อยใดมากที่สุด	23.1 แผนย่อย การวิจัยและพัฒนา นวัตกรรม ด้านเศรษฐกิจ
ลักษณะโครงการ	โครงการใหม่
ระยะเวลาโครงการ	1 ปี
โครงการยื่นเสนอขอรับทุนจากหน่วยงานอื่น	ไม่ได้ยื่น

คำสำคัญ

สาขาการวิจัย

สาขาการวิจัยหลัก OECD	วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
สาขาการวิจัยย่อย OECD	คณิตศาสตร์
สาขาที่เกี่ยวข้อง	คณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะผู้วิจัย

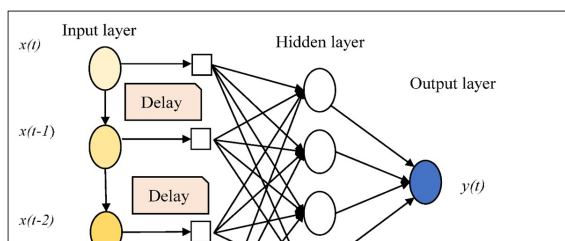
ชื่อ - สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนร่วม
ผศ.ดร. มัลลิกา ราชกิจ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	หัวหน้าโครงการ	100.00

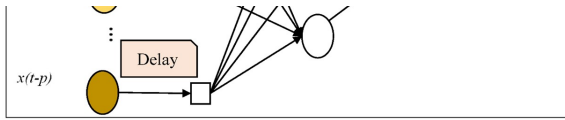
ข้อมูลโครงการ

บทสรุปข้อเสนอโครงการ

ปัญหาหมอกควันพิษในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และ แม่ฮ่องสอน) ที่เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกมายาวนานกว่า 10 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงต้นปี 2019 ถึง 2023 ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนในพื้นที่ ทั้งในด้านเศรษฐกิจ ด้านสุขภาพ ด้านการคมนาคม และด้านการศึกษา เป็นต้น จากการเก็บข้อมูลพบว่าเชียงใหม่ติดอันดับหนึ่งของเมืองที่มีมลพิษ PM 2.5 สูงสุดในโลกในช่วงเวลาหนึ่ง ติดต่อกันทั้งสัปดาห์ ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ซึ่งจะมีระดับความสูญเสียที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงและการผันแปรทางธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) เพื่อศึกษา พัฒนา และประยุกต์ใช้ได้จริงกับเหตุการณ์ในปัจจุบันและอนาคตให้เป็นผลประโยชน์ในการวางแผนจัดการการแก้ปัญหาหมอกพิษทางอากาศ การวางแผนการพยากรณ์ที่ดีนั้นจะต้องอาศัยเครื่องมือในการพยากรณ์ที่ดีด้วยในด้านของเทคนิคการพยากรณ์ทางคณิตศาสตร์และสถิติเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็น เพราะจะสามารถช่วยให้ทราบถึงผลของแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนสามารถศึกษาลักษณะข้อมูลในอดีต โดยอาศัยเทคนิคการพยากรณ์ที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งที่ต้องการศึกษาล่วงหน้าได้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริดให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ซึ่งได้เลือกตัวแบบใหม่และพัฒนาขึ้นจากวิธีเดิมนั้นคือ ตัวแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Networks) ซึ่งสามารถอธิบายในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ที่มีตัวห้วง ซึ่งอธิบายดังสมการต่อไปนี้





รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของ Neural Network Model

$$\dot{x}_i(t) = -P x_i(t) + Q f(x_i(t)) + R g(x_i(t-h(t))) + S \left(\int_{t-k(t)}^t h(x_i(s)) ds \right) + I_i$$

โดยที่ $x_i(t) = [x_{i,1}(t), x_{i,2}(t), \dots, x_{i,n}(t)]^T \in \mathbb{R}^n, i = 1, 2, \dots, N$ เป็นสถานะของเซลล์ประสาทเทียมของโครงข่ายที่ i เป็นจำนวนของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการเชื่อมต่อ, $P = P_{ij}, Q = q_{ij}, R = r_{ij}, S = \{s_{ij}\}$ เป็นเมทริกซ์ถ่วงน้ำหนักของตัวเชื่อมต่อ, $f(x_i(t)), g(x_i(t-h(t))), h(x_i(t))$ เป็นฟังก์ชันกระตุ้นของเซลล์ประสาทที่มีตัวหน่วง, $h(t)$ เป็นตัวใส่ข้อมูลสัญญาณ, $h(t)$ เป็นตัวหน่วงที่แปรผันตามเวลา, $k(t)$ เป็นตัวหน่วงแบบแจกแจงที่แปรผันตามเวลาและเงื่อนไขของ $f(x_i(t)), g(x_i(t-h(t))), h(x_i(t))$ ได้กำหนดเงื่อนไขไว้ดังนี้

กำหนด $x_1, x_2 \in \mathbb{R}^{n \times 1}, x_2 \in \mathbb{R}$ และค่าคงที่ $\sigma_r^-, \sigma_r^+, \beta_r^-, \beta_r^+, \delta_r^-, \delta_r^+$ ฟังก์ชันกระตุ้นของเซลล์ประสาทสอดคล้องกับ

$$\sigma_r^- \leq \frac{f_r(x_1) - f_r(x_2)}{x_1 - x_2} \leq \sigma_r^+, \quad r = 1, 2, \dots, n$$

$$\beta_r^- \leq \frac{g_r(x_1) - g_r(x_2)}{x_1 - x_2} \leq \beta_r^+, \quad r = 1, 2, \dots, n$$

$$\delta_r^- \leq \frac{h_r(x_1) - h_r(x_2)}{x_1 - x_2} \leq \delta_r^+, \quad r = 1, 2, \dots, n$$

โครงข่ายควบคุมได้รับการออกแบบและอธิบายในรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์ได้ดังนี้

$$\dot{x}_i(t) = -A x_i(t) + B f(x_i(t)) + C g(x_i(t-h(t))) + D L \left(\int_{t-k(t)}^t x_i(s) ds \right) + c_1 j = 1, 2, \dots, N$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) = & -A x_i(t) + B f(x_i(t)) + C g(x_i(t-h(t))) + D L \left(\int_{t-k(t)}^t x_i(s) ds \right) \\ & + c_1 \sum_{j=1}^N a_{ij} \Gamma_1 g_j(x_i(t)) + \sum_{l=1}^M c_{2l} \sum_{j=1}^N b_{lj}^1 \Gamma_2 g_l(x_i(t-h_l(t))) \\ & + \sum_{l=1}^M c_{3l} \sum_{j=1}^N c_{ij}^l \Gamma_3 \int_{t-k_l(t)}^t g_l(x_i(s)) ds, \end{aligned}$$

(1)

$$\dot{y}_i(t) = -A x_i(t) + B f(x_i(t)) + C g(x_i(t-h(t))) + D L \left(\int_{t-k(t)}^t x_i(s) ds \right) + c_1 j = 1, 2, \dots, N$$

$$\begin{aligned} \dot{y}_i(t) = & -A x_i(t) + B f(x_i(t)) + C g(x_i(t-h(t))) + D L \left(\int_{t-k(t)}^t x_i(s) ds \right) \\ & + c_1 \sum_{j=1}^N a_{ij} \Gamma_1 g_j(y_i(t)) + \sum_{l=1}^M c_{2l} \sum_{j=1}^N b_{lj}^1 \Gamma_2 g_l(y_i(t-h_l(t))) \\ & + \sum_{l=1}^M c_{3l} \sum_{j=1}^N c_{ij}^l \Gamma_3 \int_{t-k_l(t)}^t g_l(y_i(s)) ds + U_i(t) + w_i(t), \end{aligned}$$

(2)

$$x_i(t_0 + s) = \phi_{1i}(s), \quad y_i(t_0 + s) = \phi_{2i}(s), \quad s \in [t_0 - \tau, t_0], \quad i = 1, 2, \dots, N$$

เมื่อ $x_i(t) = [x_{i,1}(t), x_{i,2}(t), \dots, x_{i,n}(t)]^T \in \mathbb{R}^n, y_i(t) = [y_{i,1}(t), y_{i,2}(t), \dots, y_{i,n}(t)]^T \in \mathbb{R}^n$

คือ เวกเตอร์สถานะของโครงข่ายประสาทตามลำดับ n คือจำนวนของระบบประสาท และ

$$\begin{aligned} f(x_i(t)) &= [f(x_{i,1}(t)), f(x_{i,2}(t)), \dots, f(x_{i,n}(t))] \\ g(x_i(t)) &= [g(x_{i,1}(t)), g(x_{i,2}(t)), \dots, g(x_{i,n}(t))] \\ L(x_i(t)) &= [L(x_{i,1}(t)), L(x_{i,2}(t)), \dots, L(x_{i,n}(t))] \end{aligned}$$

คือฟังก์ชันการตัดสินใจ $P = \text{diag}(p_1, p_2, \dots, p_n) P = \text{diag}(p_1, p_2, \dots, p_n)$ คือ พจน์ผลลัพธ์ของตัวเอง และ A, B, C, D, A, B, C, D คือเมทริกซ์

ค่า

นำหน้าการเชื่อมต่อ

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชน ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันทั่วทั้งที่ซึ่งพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคต

หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างละติจูด 5° 37' เหนือ กับ 20° 27' เหนือ และระหว่างลองจิจูด 97° 22' ตะวันออก กับ 105° 37' ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร โดยที่ทางเหนือของประเทศประกอบด้วย ภาคพื้นดินกว้างใหญ่ ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกของประเทศจะเป็นภาคพื้นน้ำที่กว้างใหญ่เช่นเดียวกัน จากการที่ประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ระหว่างพื้นดินและ พื้นน้ำที่กว้างขวางนี้เอง จึงทำให้ประเทศไทยอยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมฤดูร้อนที่พัดจากน้ำเข้าสู่ภาคพื้นทวีป และลมมรสุมฤดูหนาวที่พัดจากภาคพื้นทวีปลงสู่ทะเล อันเป็นผลให้ในช่วงฤดูร้อนประเทศไทยจะมีสภาพอากาศชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกติดต่อกันโดยเฉลี่ยประมาณ 6 เดือน ส่วนในช่วงฤดูหนาวจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมฤดูหนาว จึงทำให้มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งและหนาวเย็น แต่ว่าจะปรากฏอยู่เพียงระยะเวลาสั้น ๆ คือราว ๆ 3 เดือนเท่านั้น ส่วนระยะเวลาที่เหลืออีกประมาณ 3 เดือนจะเป็นช่วงที่อากาศร้อนและแห้งแล้งมาก อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูเปลี่ยนฤดูของลมมรสุมที่พัดจะถือว่าเป็นระยะเวลาหัวเลี้ยวหัวต่อมีระยะเวลาราว 1-2 สัปดาห์ ในช่วงเวลาดังกล่าว ทิศทางของลมที่พัดจะไม่แน่นอน ถ้าหากลมมรสุมชนิดใดชนิดหนึ่งพัดแรงขึ้น อีกชนิดหนึ่งก็จะอ่อนกำลังลง ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมสองชนิดคือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ แต่บางที่อาจจะเลยไปถึงเดือนมีนาคมได้ ลมนี้มีความสัมพันธ์กับฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ คือพื้นดินของทวีปเอเชียมีความหนาวเย็น อุณหภูมิลดลงต่ำ มีความกดอากาศสูง ซึ่งศูนย์กลางอยู่ที่ไซบีเรีย ส่วนบริเวณทางใต้มีลักษณะตรงกันข้าม ทำให้เกิดลมพัดจากแผ่นดินสู่พื้นน้ำ เป็นลมหนาวแห้งแล้งพัดออกจากศูนย์กลาง ความกดอากาศสูง พัดมายังประเทศไทยทางภาคเหนือ ภาคตะวันออก เชียงเหนือ ภาคกลาง ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลมนี้จะพัดผ่านอ่าวไทยจึงนำฝนมาตกด้วย

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ บริเวณทวีปเอเชียเป็นแหล่งความร้อนระอุ อุณหภูมิสูง ความกดอากาศต่ำ ส่วนในบริเวณน่านน้ำมหาสมุทรแปซิฟิก และอินเดีย จะมีความกดอากาศสูง ทำให้มีลมพัดจากบริเวณน่านน้ำสู่พื้นทวีป เป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตรลมจะเบี่ยงเบนไปทางขวามือ กลายเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนกันยายน ส่วนภาคใต้ของประเทศไทยลมนี้จะไปสิ้นสุดราวกลางเดือนตุลาคม ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเป็นฤดูฝนของประเทศไทย

จากลักษณะภูมิอากาศตามที่กล่าวมาแล้ว ประกอบเมื่อพิจารณาตามลักษณะอุตุนิยมวิทยาแล้ว เราสามารถแบ่งฤดูกาลของประเทศไทยตอนบนได้ดังนี้

- ฤดูฝน โดยปกติแล้วฤดูฝนของประเทศไทยจะเริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้พัดปกคลุมประเทศไทยแล้ว คือตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป และไปสิ้นสุดราวกลาง เดือนตุลาคม มีระยะเวลาประมาณ 5 เดือน
- ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ในระยะนี้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้พัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไป อากาศจะหนาวเย็น ยกเว้นภาคใต้ของประเทศไทยอุณหภูมิลดลงได้บ้างเป็นครั้งคราวและจะมีฝนตกตามชายฝั่งทะเลตะวันออก ตั้งแต่สุราษฎร์ธานีลงไปจนถึงนราธิวาส

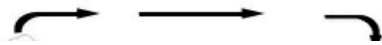
- ฤดูร้อน เริ่มตั้งกลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้ลมฝ่ายใต้ตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย และดวงอาทิตย์กำลังเคลื่อนผ่าน เส้นศูนย์ขึ้นไปทางซีกโลกภาคเหนือ ดังนั้นดินจะสะสมความร้อนไว้และร้อนขึ้น ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังอ่อนลงและค่อนข้างแปรปรวน ทำให้อากาศร้อน อบอ้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนเมษายน พายุฤดูร้อน เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เด่นชัดทางประเทศไทยตอนบน

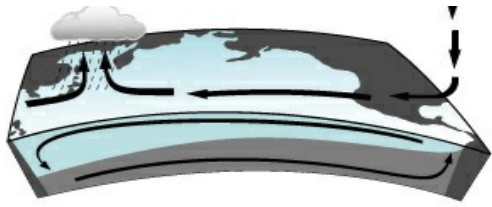
อีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้สภาพอากาศของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีน ซึ่งมีอาณาเขตติดกับทั้งมหาสมุทรแปซิฟิกทางตะวันออกและมหาสมุทรอินเดียทางด้านทิศตะวันตก จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรอินเดียและแปซิฟิก โดยเฉพาะมหาสมุทรแปซิฟิกมีผลกระทบต่อลักษณะภูมิอากาศ เช่น ฝนตกหนัก-น้ำท่วม ความแห้งแล้ง และสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว อ้างอิงจาก อุษา ฮัมฟรี และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาวิจัยพบว่าผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและปรากฏการณ์ลานีญาต่อปริมาณฝนในแต่ละภาคของประเทศไทยเป็นไปไม่สม่ำเสมอ โดยที่ปรากฏการณ์เอลนีโญเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 สูงกว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลค่าปกติ ซึ่งควรส่งผลให้ปริมาณฝนในประเทศไทยน้อยลง แต่ปรากฏว่าบางภูมิภาคของประเทศไทย ปริมาณฝนไม่ได้น้อยลงตาม และเช่นกันสำหรับปรากฏการณ์ลานีญาเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 ต่ำกว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลค่าปกติ ซึ่งควรส่งผลให้ปริมาณฝนในประเทศมากขึ้น แต่ปรากฏว่ามีบางปรากฏการณ์ลานีญา ไม่ได้ส่งผลให้บางภูมิภาคของประเทศไทยมีปริมาณฝนมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 ค่าที่คำนวณได้มีทั้งค่าบวกและค่าลบ ซึ่งค่าลบแปลว่าปริมาณฝนและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 มีค่ามาก ปริมาณฝนจะน้อย และถ้าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยมีค่าน้อย ปริมาณฝนจะมาก แต่อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้ให้ผลของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ไม่เด่นชัด เมื่อใช้การวิเคราะห์ความสอดคล้องกันระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 กับปริมาณฝนในประเทศไทยด้วยวิธีความสอดคล้องของเวฟเล็ต

(Wavelet coherence) พบว่า มีความสอดคล้องกันมากในช่วงปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรงและปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง ทำให้สรุปได้ว่าปรากฏการณ์ในมหาสมุทรแปซิฟิกมีอิทธิพลสูงและมีความสำคัญต่อสภาพฝน ความชุ่มชื้น ความแห้งแล้ง บริเวณประเทศไทย ได้แก่ ปรากฏการณ์เอลนีโญ และ ปรากฏการณ์ลานีญา

ความหมาย เอลนีโญ (El Niño) เป็นคำในภาษาสเปนแปลว่า บุตรพระคริสต์ เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของกระแสอากาศกับกระแสน้ำในมหาสมุทร มักเกิดขึ้นในช่วงเทศกาลคริสต์มาส เมื่อกระแสน้ำอุ่นในมหาสมุทรแปซิฟิกไหลเข้ามาแทนที่กระแสน้ำเย็นบริเวณชายฝั่งเปรู ส่งผลกระทบทางระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร ผงปลามีจำนวนลดลง ทำให้นกชายฝั่งขาดอาหาร ชาวประมงขาดรายได้ รวมทั้งเกิดฝนตกและดินถล่มอย่างรุนแรงในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ อย่างไรก็ตาม เอลนีโญเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีคาบเวลาที่แน่นอน ไม่ได้เกิดขึ้นทุกปี ขณะที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งอาจกินเวลา 2 - 3 เดือน หรือนานกว่า เอลนีโญจึงมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า “El Niño – Southern Oscillation” เรียกอย่างสั้นว่า "ENSO" หมายถึง ความผันผวนซึ่งเกิดขึ้นบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ ปัจจุบันมีการใช้คำนี้อย่างแพร่หลายเพื่อหมายถึงปรากฏการณ์ของภูมิอากาศที่รุนแรงผิดปกติ และเชื่อมโยงกับสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงทั่วโลก โดยปรากฏการณ์เอลนีโญครั้งใหญ่ๆ มักเกิดขึ้นประมาณ 3 ครั้งต่อปี และตามสถิติของปรากฏการณ์ มีวงจรถูกเกิดทุก 2 – 7 ปี ทำให้เกิดผลกระทบต่อภูมิอากาศในบริเวณ 1 ใน 4 ของพื้นผิวโลก จึงมีการคาดหมายว่าปรากฏการณ์นี้มีผลกระทบต่อลมฟ้าอากาศในบริเวณที่เหลือของโลกด้วยเช่นกัน

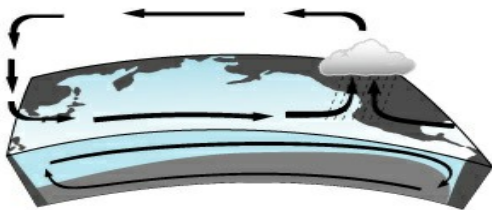
โดยปกติบริเวณเส้นศูนย์สูตรเหนือมหาสมุทรแปซิฟิก ลมสินค้าตะวันออก (Easterly trade winds) จะพัดจากประเทศเปรูชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ไปทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก แล้วยกตัวขึ้นบริเวณประเทศอินโดนีเซีย ทำให้มีฝนตกมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทวีปออสเตรเลียตอนเหนือ กระแสลมสินค้าพัดให้กระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกันทางทิศตะวันตก จนมีระดับสูงกว่าระดับน้ำทะเลปกติประมาณ 60 – 70 เซนติเมตรแล้วจมตัวลง กระแสน้ำเย็นใต้มหาสมุทรซีกเบื้องล่างไหลเข้ามาแทนที่กระแสน้ำอุ่นพื้นผิวซีกตะวันออก นำพาธาตุอาหารจากก้นมหาสมุทรขึ้นมาทำให้ปลาชุกชุม เป็นประโยชน์ต่อคนทะเลและการทำประมงชายฝั่งของประเทศเปรู





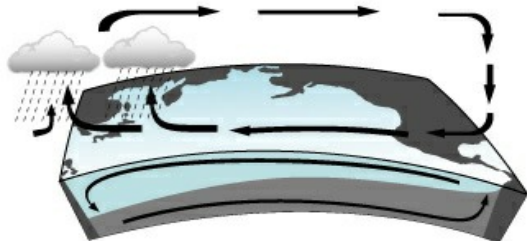
รูปที่ 2 สภาวะปกติของปรากฏการณ์ ENSO (http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/el_nino)

เมื่อเกิดเอลนีโญ กระแสลมสินค้าตะวันออกอ่อนกำลัง กระแสลมพื้นผิวจึงเปลี่ยนทิศทาง พัดจากประเทศอินโดนีเซียและออสเตรเลียตอนเหนือไปทางทิศตะวันออก แล้วยกตัวขึ้นเหนือชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ทำให้เกิดฝนตกหนักและแผ่นดินถล่มในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ กระแสลมพัดกระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกันบริเวณชายฝั่งประเทศเปรู ทำให้กระแสน้ำเย็นใต้มหาสมุทรไม่สามารถลอยตัวขึ้นมาดังรูปที่ 3 บริเวณชายฝั่งจึงขาดธาตุอาหารสำหรับปลาและนกทะเลทำให้ชาวประมงเปรูขาดรายได้ ขณะที่เอลนีโญทำให้ฝนตกหนักในตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้แต่ก็ทำให้เกิดความแห้งแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลียตอนเหนือ ไฟไหม้ป่าอย่างรุนแรงในประเทศอินโดนีเซียในบางปีเป็นเพราะปรากฏการณ์เอลนีโญนั่นเอง



รูปที่ 3 สภาวะปกติของปรากฏการณ์เอลนีโญ (http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/el_nino)

ลานีญา (La Niña) แปลว่า บุตรธิดา เป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะตรงข้ามกับเอลนีโญ คือมีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาวะปกติแต่รุนแรงกว่า กล่าวคือ กระแสลมสินค้าตะวันออก (Trade wind) ที่พัดไปทางทิศตะวันออกมีกำลังแรงทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณทางซีกตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกสูงกว่าสภาวะปกติ ลมค้ายกตัวเหนือประเทศอินโดนีเซียทำให้เกิดฝนตกอย่างหนัก แต่ที่บริเวณชายฝั่งประเทศเปรูน้ำเย็นใต้มหาสมุทรยกตัวขึ้นแทนที่กระแสน้ำอุ่นบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกทางซีกตะวันออกดังรูปที่ 4 ทำให้เกิดธาตุอาหารและฝูงปลาชุกชุม



รูปที่ 4 สภาวะปกติของปรากฏการณ์ลานีญา http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/el_nino

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีนักวิจัยคิดค้นเครื่องมือ/วิธีการในการศึกษารูปแบบ ผลกระทบและพยากรณ์ปรากฏการณ์เหล่านี้ โดยอาศัยการพัฒนาและขีดความสามารถของระบบประมวลผลชนิดใหม่ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมากมหาศาลได้ในฉับพลัน ตลอดจนมีความสามารถในการเรียนรู้และคิดได้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็น "สมองกล" อย่างแท้จริง จึงเป็นเป้าหมายสำคัญเป้าหมายหนึ่งของวงการวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน แนวทางหนึ่งซึ่งนักวิทยาศาสตร์กำลังให้ความสนใจอยู่เป็นอย่างมาก คือ การพยายามศึกษาและเลียนแบบ ประมวลผลของสมองสิ่งมีชีวิต โดย มุ่งเน้นว่าระบบประมวลผลที่ได้จะมี "ปัญญา" (Intelligence) ในลักษณะเดียวกับสิ่งมีชีวิต ระบบประมวลผลดังกล่าวคือ "ปัญญาประดิษฐ์" (Artificial intelligence) และระบบปัญญาประดิษฐ์ที่ประยุกต์ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันคือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนกชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจัดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่น

เดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ "นิวรอน" (Neurons) และ "จุดประสานประสาท" (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรต์" (Dendrite) ซึ่งเป็น input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะ

กระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอนของมัน นักวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันเห็นตรงกันว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างแตกต่างจากโครงข่ายในสมอง แต่ก็ยังเหมือนสมอง ในแง่ที่ว่าโครงข่ายประสาทเทียม คือการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อย ๆ และการเชื่อมต่อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสติปัญญาของโครงข่าย เมื่อพิจารณาขนาดแล้วสมองมีขนาดใหญ่กว่าโครงข่ายประสาทเทียมอย่างมาก รวมทั้งเซลล์ประสาทยังมีความซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของโครงข่าย อย่างไรก็ตามหน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นอย่างง่ายด้วยโครงข่ายประสาท สำหรับการสร้างแบบจำลองของโครงข่ายประสาทขึ้นมาเป็นโครงข่ายประสาทเทียมนั้น ทำได้โดยการพยายามทำความเข้าใจกับกระบวนการทำงานของสมองแล้วพยายามอธิบายการทำงานด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ จากนั้นออกแบบระบบคอมพิวเตอร์ หรือเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะทำงานตามแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ จากการทำงานของเซลล์ประสาทกระแสประสาทจะใช้เวลาในการทำงานในหน่วย Millisecond แต่การทำงานของ Neural Networks จะทำงานในหน่วย nanosecond เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมมีกระบวนการทำงาน ภายใต้การทำงานขององค์ประกอบย่อยตามรูปแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของสิ่งมีชีวิตทำให้รูปแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบ Multiprocessor Computer System ซึ่งมีลักษณะดังนี้ คือ มีการประมวลผลในแต่ละส่วนอย่างง่าย ๆ มีการเชื่อมต่อภายในระบบมากมาย มีการส่งผ่านข้อมูลที่มีขนาดเล็ก เข้าใจง่าย ภายในระบบ และมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานในแต่ละองค์ประกอบมีผลกระทบต่อถึงกัน จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ในปัจจุบัน

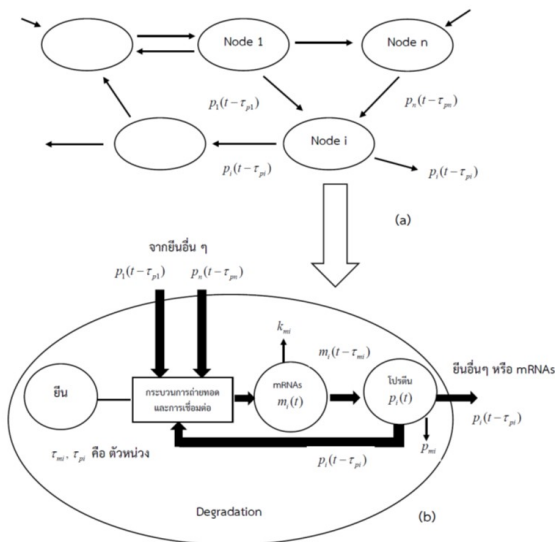
โดยทั่วไปโครงข่ายคือชุดขนาดใหญ่ของโหนดที่เชื่อมต่อกันจำนวนมากซึ่งแต่ละโหนดเป็นหน่วยพื้นฐานที่มีเนื้อหาเฉพาะของโหนดนั้น ตามสมมติฐานโครงข่ายเหล่านี้ถูกอธิบายด้วยกราฟทางคณิตศาสตร์ ในกราฟดังกล่าวจุดยอดแต่ละจุดแสดงถึงองค์ประกอบแต่ละส่วนในระบบ ในขณะที่เส้นเชื่อมแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ ทั้งนี้โหนดสองโหนดถูกเชื่อมเข้าด้วยกันในกรณีที่มีการสื่อสารระหว่างกันหรือการทำงานพร้อมกันเท่านั้น โครงข่ายพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนได้มีนักวิจัยศึกษากันอย่างกว้างขวางเพราะโครงข่ายพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนนี้ได้ปรากฏในธรรมชาติและการประยุกต์ใช้หลากหลายสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์ ทางวิศวกรรมศาสตร์ ทางเศรษฐศาสตร์ ทางการแพทย์ ทางวิทยาการข้อมูล เป็นต้น โครงข่ายพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนที่เราสนใจศึกษา หมายถึง โครงข่ายที่มีส่วนประกอบหลายส่วนซึ่งแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์และมีความเกี่ยวข้องกันค่อนข้างมากเพราะการทำงานของโครงข่ายจะทำงานพร้อมกันทุกส่วนเพื่อให้โครงข่ายโดยรวมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น โครงข่ายกำลังไฟฟ้า (electrical power networks) โครงข่ายปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence network) สายใยอาหาร (food web) โครงข่ายคอมพิวเตอร์ (computer networks) โครงข่ายเส้นประสาทเทียม (neural networks) โครงข่ายกำลังไฟฟ้า (electrical power networks) โครงข่ายข้อมูล (Data Networks) เป็นต้น ซึ่งระบบโครงข่ายนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานในหลาย ๆ ด้าน เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ การขนส่ง การสื่อสารและระบบการส่งถ่ายข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งในสถานการณ์ปัจจุบันได้มีการทำงานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ตมากขึ้นโดย

ได้มีการส่งถ่ายข้อมูลที่พร้อมกันเป็นจำนวนมาก จึงอาจจะทำให้การทำงานทั้งระบบมีประสิทธิภาพไม่เท่าที่ควร นั่นคือ การไม่มีความเสถียรภาพ (instability) หรือประสิทธิภาพของการทำงานลดลง (poor performance) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมการทำงานของโครงข่ายพลศาสตร์ที่มีตัวหน่วงเวลาเพื่อให้ประสิทธิภาพของการทำงานมีความเสถียรภาพและน่าเชื่อถือได้ จึงได้มีการออกแบบตัวควบคุมที่เหมาะสมกับโครงข่ายพลศาสตร์ควบคุมที่มีตัวหน่วง ซึ่งจะเห็นว่าโครงข่ายพลศาสตร์ควบคุมที่มีตัวหน่วงนั้นมีจุดการเชื่อมต่อจำนวนมาก จึงเป็นเรื่องยากมากที่จะทำการควบคุมทุกจุดของการเชื่อมต่อได้ จึงได้มีนักวิจัยได้คิดค้นตัวควบคุมเพื่อใส่เข้าไปที่จุดเชื่อมต่อเป็นบางจุดเท่านั้น แต่สามารถทำให้การทำงานพร้อมกันของโครงข่ายพลศาสตร์ควบคุมที่มีตัวหน่วง

ทั้งนี้โครงข่ายมีความเสถียรภาพ ซึ่งปัจจุบันตัวควบคุมที่ใช้นั้นมีหลากหลายมาก เช่น ตัวควบคุมแบบย้อนกลับ (feedback control) ตัวควบคุมแบบแอคทีฟ (active control) ตัวควบคุมแบบกระตุ้น (impulsive control) ตัวควบคุมชนิดปรับตัวได้ (adaptive control) ตัวควบคุมแบบตัวอย่าง (sampled-data control) เป็นต้น ซึ่งตัวควบคุมดังกล่าวจะต้องใส่เข้าไปในการทำงานของโครงข่ายพลศาสตร์ควบคุมที่มีตัวห้วงตลอดเวลาที่ทำงาน ซึ่งจะทำให้มีค่าใช้จ่ายต้นทุนในการควบคุมและเสียเวลาในประมวลผลมาก

ความเสถียรของระบบเป็นหัวข้อที่ตรงกันข้ามกับความไม่แน่นอนของระบบ ซึ่งเซลล์ต้องทำงานอยู่บนความไม่แน่นอน และในบางกรณีเซลล์ก็ใช้ประโยชน์จากความไม่แน่นอนเพื่อสร้างความหลากหลายให้กับตัวเอง แต่หากมองในมุมมองกลับระบบภายในเซลล์ก็จำเป็นต้องพยายามรักษาเสถียรภาพของระบบไว้ เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามปกติ การศึกษาความเสถียรของระบบ จึงเน้นที่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพและความไม่แน่นอน ดังนั้น การศึกษาแบบจำลองของระบบทำให้เราสามารถแยกแยะได้ว่า โครงสร้างความสัมพันธ์แบบใดที่เหมาะสมกับการรักษาเสถียรภาพ และแบบใดที่ไม่เหมาะสม

ในทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เราสามารถประยุกต์ปัญหาของการมีเสถียรภาพหรือปัญหาการมีเสถียรภาพ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยการแปลงสิ่งที่เกิดขึ้นในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอธิบายได้ในรูปของสมการ อสมการ ระบบสมการ และระบบอสมการ **รูปที่ 5** จะเป็นกระบวนการถอดรหัสของยีนสำหรับเครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic regulatory network, (GRNs))



รูปที่ 5 แสดงเครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่มีวงจรมย้อนกลับสำหรับการถอดรหัสและประกอบของยีน

(a) เครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

(b) โครงสร้างของโนด i^i โดยสิ่งที่ป้อนเข้าคือ $p_{1t-tp1}, \dots, p_{nt-tpn}$ $p_1(t - \tau_{p1}), \dots, p_n(t - \tau_{pn})$ และออกคือ p_{it-tpi} $p_i(t - \tau_{pi})$

จากข้อมูลดังกล่าวนักวิจัย จึงได้สนใจที่จะศึกษาการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับเครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่มีตัวห้วงแปรผันตามเวลา ซึ่งอธิบายในรูปแบบของสมการเชิงอนุพันธ์ ดังนี้

$$\begin{cases} \dot{m}(t) = -K_m m(t) + c(p(t, \tau_p)), \\ \dot{p}(t) = -K_p p(t) + d(m(t, \tau_m)), \end{cases}$$

โดยที่

$m = m_1, \dots, m_n \in R^n$ $m = (m_1, \dots, m_n) \in \mathbb{R}^n$ และ $p = p_1, \dots, p_n \in R^n$ $p = (p_1, \dots, p_n) \in \mathbb{R}^n$ คือความเข้มข้นของ mRNA และโปรตีนตามลำดับ

$K_m = \text{diag}(k_{m1}, \dots, k_{mn})$ $K_m = \text{diag}(k_{m1}, \dots, k_{mn})$ และ $K_p = \text{diag}(k_{p1}, \dots, k_{pn})$ $K_p = \text{diag}(k_{p1}, \dots, k_{pn}) \in \mathbb{R}^{n \times n}$ คือเมทริกซ์สมมาตรที่เป็นจำนวนจริงบวกซึ่งเป็นอัตราการสลายตัวของ mRNA และโปรตีนตามลำดับ

$m = m_1, \dots, m_n \in \mathbb{R}^n$ $\tau_m = (\tau_{m1}, \dots, \tau_{mn}) \in \mathbb{R}^n$ และ $p = p_1, \dots, p_n \in \mathbb{R}^n$ $\tau_p = (\tau_{p1}, \dots, \tau_{pn}) \in \mathbb{R}^n$ คือตัวหน่วยย้อนกลับ
 เป็นเวกเตอร์ค่าจริงของ mRNA และโปรตีนตามลำดับ $m(t, \tau_m) = m_1(t, \tau_{m1}), \dots, m_n(t, \tau_{mn})$, $p(t, \tau_p) = p_1(t, \tau_{p1}), \dots, p_n(t, \tau_{pn})$, $c_p = c_1 p, \dots, c_n p \in \mathbb{R}^n$ $d_m = d_1 m_1, \dots, d_n m_n \in \mathbb{R}^n$ คือฟังก์ชันไม่
 เป็นเชิงเส้นทั่วไป

การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างก้าวกระโดดในปัจจุบันทำให้เกิดองค์ความรู้ที่ช่วยในการดำเนินการทางเศรษฐกิจ
 การเมืองและการดำรงชีวิตของปัจเจกได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น แน่ใจว่าการดำเนินการเหล่านี้มักเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจและขึ้น
 อยู่กับข้อมูลที่ได้รับ ทั้งนี้ถ้าข้อมูลมีจำนวนมากศาล จึงเกิดประเด็นที่น่าสนใจคือ ผู้ที่ต้องตัดสินใจจะทำการตัดสินใจภายใต้ข้อมูล
 จำนวนมากเหล่านั้นได้อย่างไร แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการช่วยตัดสินใจคือ การสร้างการกระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (machine
 learning) สังเกตว่าเราใช้เลขรหัสลับส่วนตัว (PIN) ในการทำธุรกรรมทางการเงิน เราใช้รหัสผ่าน (password) ในการเข้าใช้งาน
 คอมพิวเตอร์ แม้ว่าขณะนี้จะมีเทคโนโลยีใหม่ทางด้านกำหนดลักษณะบุคคลทางชีวมิติ (biometric personal identification) ที่น่า
 เชื่อถือ เช่น การวิเคราะห์ลายนิ้วมือ (fingerprint analysis) หรือการตรวจสอบม่านตา (iris scan) ก็ตาม เทคโนโลยีเหล่านี้ยังคง
 อาศัยความร่วมมือจากบุคคลซึ่งอาจจะไม่สะดวกในการนำไปใช้ด้านสังคมและความมั่นคงของชาติ เช่น การสืบค้นบุคคลต้องสงสัย
 เป็นต้นในอีกทางหนึ่ง การเรียนรู้ของเครื่องรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญและถูกนำไปใช้ในหลากหลายคือ การจำแนกภาพ (image
 classification) กล่าวคือ หน่วยงานราชการใช้การจำแนกภาพในด้านความปลอดภัยและความมั่นคงของชาติ เช่น การบันทึกข้อมูล
 อาชญากรรม การตรวจคนเข้าเมือง การสืบหาบุคคลต้องสงสัย เป็นต้น ในอีกด้านหนึ่ง องค์กรเอกชน อาทิเช่น Facebook ใช้การ
 จำแนกภาพในการระบุ (tag) บุคคลในรูปภาพ Google ใช้การรู้จำหน้าซึ่งเป็นหัวข้อย่อยของการจำแนกภาพในการระบุบุคคล
 สิ่งของ และสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ (user) และบริษัทผู้ผลิตสมาร์ทโฟนใช้การรู้จำหน้าในการปลดล็อกหน้าจอสมาร์ทโฟน
 เป็นต้น

ส่งผลให้การเรียนรู้ของเครื่องเกี่ยวกับการจำแนกภาพจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะการจำแนกภาพเป็น
 เทคโนโลยีที่ใช้การวิเคราะห์ภาพหน้าของบุคคล หรือภาพของวัตถุ ซึ่งไม่จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากบุคคลนั้น ๆ นอกจากนี้ยัง
 มีการนำการจำแนกภาพไปใช้ในหลากหลายแขนง อาทิเช่น การบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ การจำแนกคุณภาพผลผลิตทางการ
 เกษตร เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้เราจะให้ความสนใจกับการเรียนรู้ของเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในประเทศไทย
 โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด ในฐานะข้อมูลขนาดใหญ่มาก ๆ กล่าวคือ กำหนดให้ $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)$
 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)$ เป็นข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มกำกับไว้ นั่นคือ ภาพสีเป็นสมาชิกของเซต $\{0, 1, 2, \dots, 255\} \times \{+1, -1\}$
 $\{0, 1, 2, \dots, 255\}^{M \times N} \times \{+1, -1\}$ โดยที่ สำหรับแต่ละดัชนี $i = 1, 2, \dots, m$, $x_i = 1, 2, \dots, m$, y_i เป็นภาพสีขนาด $M \times N = : n$
 $M \times N = : n$ พิกเซล และค่าคงตัว $y_i y_i$ เป็นกลุ่มกำกับของแต่ละภาพสี i จากข้อมูลเหล่านี้เราสามารถสร้างตัวจำแนก
 (classifier) โดยการกำหนดฟังก์ชันทำนาย (prediction function) h^h และวัดประสิทธิภาพของตัวจำแนกโดยการนับจำนวนครั้ง
 ที่ฟังก์ชันทำนาย $h(x_i)h(x_i)$ ให้ค่าตรงกับกรุปกำกับ $y_i y_i$ โดยฟังก์ชันทำนายมักอยู่ในรูป $h(x; a; r) = x^T a + r$
 $h(x; a; r) = x^T a + r$ ซึ่งเป็นตัวจำแนกเชิงเส้นที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ a และค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ r ในช่วงต้นของ
 การพัฒนาตัวจำแนกเราวัดประสิทธิภาพของตัวจำแนกโดยใช้การนับเครื่องหมายของฟังก์ชัน $h(x; a; r) h(x; a; r)$ ซึ่งเป็นบวกหรือ
 ลบที่ตรงกับกรุปกำกับ $+1$ หรือ -1 มากน้อยเพียงใด สังเกตว่าวิธีการดังกล่าวนี้ง่ายต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตามหากมีข้อมูลขนาดใหญ่
 มาก ๆ จะส่งผลต่อการสร้างตัวจำแนกได้ยากเนื่องจากการวัดดังกล่าวไม่มีความต่อเนื่อง และแนวทางหนึ่งที่มีการพัฒนาขึ้นคือ
 การสร้างฟังก์ชันการสูญเสีย (loss function) $l(h; y)l(h; y)$ ที่มีความต่อเนื่องแทนที่การนับเครื่องหมายเช่นในอดีต และสร้างตัว
 จำแนกโดยการหาผลเฉลยของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด (optimization problem) ที่เกี่ยวข้องกับผลรวมของฟังก์ชันการสูญเสีย
 นั่นคือ

$$\text{minimize } \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m l(h(x_i; a; r), y_i)$$

subject to $a, r \in \mathbb{R}^{n+1}, (a, r) \in \mathbb{R}^{n+1}$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปทั่วไปได้เป็น

minimize $i=1 m f_i(x) \sum_{i=1}^m f_i(x)$

subject to $x \in \mathbb{R}^n, x \in \mathbb{R}^n$

โดยที่ $f_i: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}, f_i: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ เป็นฟังก์ชันค่าจริง สำหรับทุกดัชนี $i = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, m$

การทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศในทางด้านแบบจำลองอนุกรมเวลาเพื่อ การพยากรณ์มลพิษอากาศ และการพยากรณ์ฝน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญของ การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด เพื่อศึกษา พัฒนา และประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในปัจจุบันและอนาคตให้เป็นผลประโยชน์ในการวางแผนจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ในอนาคตได้ ซึ่งจะทำให้การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ที่สามารถพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ในประเทศไทยยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่สร้างและพัฒนาแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ที่สามารถพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) มาใช้ในการพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) มีเพียงการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมทั่วไป (Artificial Neural Network) หรือเป็นการพยากรณ์เดียวในการพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ดังนี้

ทรงพลและนุวิทย์ (2563) ศึกษาข้อมูลปริมาณฝุ่น PM2.5 รายชั่วโมง โดยใช้ข้อมูล 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 ข้อมูลอนุกรมเวลาจากสถานีวัดคุณภาพอากาศ สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย ตั้งแต่วันที่ 3 สิงหาคม 2562 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2562 และประเภทที่ 2 ข้อมูลภาพถ่ายท้องฟ้า ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุดคือ training set (สิงหาคม – พฤศจิกายน 2562) และ test set (ธันวาคม 2562) โดยใช้ Deep learning จำนวน 2 วิธีคือ Convolutional Neural Networks (CNN) และ Convolutional Neural Networks-Long Short-Term Memory (CNN-LSTM) เภมทในการพิจารณาว่าวิธีใดเป็นวิธีที่เหมาะสม ใช้เกณฑ์ Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ในงานวิจัยครั้งนี้วิธีประมาณค่าข้อมูลสูญหายด้วยวิธี Forward Filling ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เซตของค่า hyperparameters ที่เหมือนกันพบว่าวิธี CNN-LSTM เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่นำมาศึกษาเนื่องจากให้ค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่น้อยกว่า วิธี CNN

ตรระวรรณและนพภาพร (2556) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยศึกษาในพื้นที่ริมถนนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษรายชั่วโมง ตั้งแต่ปี 2545 – 2554 จาก 3 สถานี ได้แก่ การเคหะดินแดง สถานีไฟฟ้า ยอยเจริญบุรี และสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ ได้แก่ สหสัมพันธ์เพียร์สัน การถดถอยเชิงเส้น และการถดถอยพหุคูณ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษารังนี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน และความเข้มแสง ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิส่งผลต่อปริมาณฝุ่นมากที่สุด อีกทั้งความเข้มข้นของฝุ่น ละอองขนาดเล็ก ขึ้นกับขีดความสามารถของ บรรยากาศในการแพร่กระจายมากที่สุด โดยประกอบด้วยความเร็วลมที่ต่ำ อากาศเย็นและเสถียร และแสงแดด ไม่จัดมาก และข้อสรุปอีกประการหนึ่งก็คือ ฝนไม่มีผลมากนักต่อความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็ก

ขจรศักดิ์ และเพชร(2550) ทำการการสำรวจปริมาณฝุ่น (PM10)ในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน โดยเลือกใช้สถานีที่เก็บข้อมูลจำนวน 4 สถานีภายในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ โรงพยาบาลเทศบาลฯ ตลาดวโรรส, หน้าที่ว่าการอำเภอสารภี, โรงเรียนยุพราช และชุมชนไก่อแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ซึ่งทั้ง 4 สถานีล้วนแล้วแต่เป็นเขตชุมชน

โรงเรียน สถานประกอบการที่มีการจราจรหนาแน่น นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศนวิสัย ความยาวนานของแสงแดด ความเร็วและทิศทางลม ผลการวิจัยพบว่า ในฤดูแล้ง มีระดับ PM10 รายวันสูงกว่าฤดูอื่น ๆ ทุกสถานี โดยเฉพาะที่อำเภอสารภีและโรงเรียนยุพราช จากความสัมพันธ์ปริมาณฝุ่น ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างแต่ละฤดูอธิบายได้ว่า ความเข้มข้น PM10 รายวันภายในจังหวัดเชียงใหม่ได้รับอิทธิพลเดียวกัน คือ แหล่งกำเนิด ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

Teerachai (2022) ทำการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ในเขตตัวเมือง ใน 3 จังหวัด บริเวณภาคเหนือ ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำปางและน่าน ซึ่งทำการศึกษาระหว่างฤดูฝนและฤดูร้อน จากหลายตัวแปร ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณ SO₂, NO₂, CO, O₃ โดยใช้ Multivariate Linear Regression Model ผลการศึกษาพบว่า วิธี Multivariate Linear Regression เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เกณฑ์ coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), and standard error (SE)

Kuntalee และคณะ (2021) ทำการประมาณค่าข้อมูลสูญหายของปริมาณ PM2.5 โดยใช้วิธี Gappy Proper Orthogonal Decomposition Method (gappy POD) จากทั้งหมด 57 สถานีในเขตภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง น่าน พะเยา และแพร่ ผลการวิจัยพบว่า วิธี gappy POD เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าข้อมูลสูญหายของข้อมูลปริมาณฝุ่น PM2.5 ใน 8 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย

Wongrin และคณะ (2023) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 ด้วยวิธีทางสถิติได้แก่ วิธี e Holt-Winters exponential smoothing (ETS), autoregressive integrated moving average (ARIMA), and dynamic linear model (DLM) และเทคนิค deep Learning นั่นคือ Long-Short-Term Memory (LSTM) โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลปริมาณฝุ่น PM2.5 รายวันของ 10 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง นครสวรรค์ แม่ฮ่องสอน น่าน ลำพูน แพร่ พะเยาและตาก ผลการศึกษาพบว่าจากการใช้เกณฑ์ root mean square error (RMSE) วิธี ARIMA ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าวิธี deep Learning เกือบทุกสถานี

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าส่วนใหญ่ยังใช้วิธีการพยากรณ์เดียว ในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะรวมวิธีการพยากรณ์เดี่ยวเข้าด้วยกัน โดยใช้เทคนิค Deep Learning เรียกว่า ตัวแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Networks) ในการศึกษา พัฒนา และประยุกต์ใช้ได้จริงกับข้อมูลปริมาณฝุ่น PM2.5 ในเขตภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) เพื่อเป็นผลประโยชน์ในการวางแผนจัดการการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2566. ข้อมูล PM2.5 ย้อนหลัง [อินเทอร์เน็ต]. เข้าถึงได้จาก: [Air4Thai \(pcd.go.th\)](https://air4thai.pcd.go.th) (วันที่ สืบค้น 2 กรกฎาคม 2566)

ขจรศักดิ์ โสภากาจารย์ และ เพชร เฟิงชัย. 2550. การสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. เข้าถึงได้จาก: [CMUL](https://www.cmul.ac.th) (วันที่ สืบค้น 4 สิงหาคม 2566)

ตรววรรณ หาญกิจรุ่ง และ นภาพร พานิช. 2556. อิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและการจราจรต่อปริมาณฝุ่น ละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10. 2543-2550.

ทรงพล เกริกกิตการ และ นุวิทย์ วิวัฒน์พัฒนา. 2563. แบบจำลองการพยากรณ์ค่าความเข้มข้น PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง จากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ และแบบหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว. 1st Proceeding of the Data Science Conference, Bangkok, Thailand. 11-15.

Amnuaylojaroen, T., 2022. Prediction of PM2.5 in an urban area of northern Thailand using multivariate linear regression model. *Advances in Meteorology*, pp.1-9.

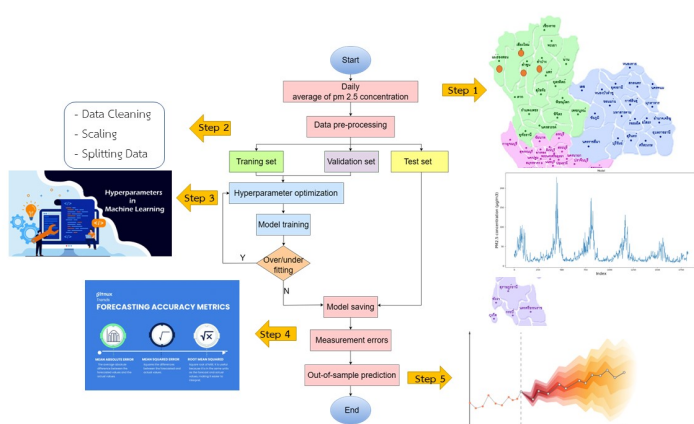
- Amnuaylojaroen, T., Parasin, N. and Limsakul, A., 2022. Health risk assessment of exposure near-future PM_{2.5} in Northern Thailand. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(11), pp.1963-1979.
- Chaisee, K., Wongkaew, S. and Thawinan, E., 2021. Estimation of PM_{2.5} Concentrations in Northern Thailand Using the Gappy Proper Orthogonal Decomposition Method. *EnvironmentAsia*, 14(3), pp 71-79.
- Chinsorn, A. and Papong, S., 2021. The The Estimation of PM_{2.5} Pollution Using Statistical Analysis and MERRA-2 Aerosol Reanalysis for Health Risk Assessment in Northern Thailand. *Thai Environmental Engineering Journal*, 35(3), pp.31-40.
- Chirasophon, S. and Pochanart, P., 2020. The Long-term Characteristics of PM₁₀ and PM_{2.5} in Bangkok, Thailand. *Asian Journal of Atmospheric Environment (AJAE)*, 14(1), pp 73-83.
- Kumharn, W., Sudhibrabha, S., Hanprasert, K., Janjai, S., Masiri, I., Buntoung, S., Pattarapanitchai, S., Wattan, R., Pilahome, O., Nissawan, W. and Jankondee, Y., 2022. Improved Hourly and long-term PM_{2.5} Prediction Modeling Based on MODIS in Bangkok. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, p.100864.
- Kliengchuay, W., Worakhunpiset, S., Limpanont, Y., Meeyai, A.C. and Tantrakarnapa, K., 2021. Influence of the meteorological conditions and some pollutants on PM₁₀ concentrations in Lamphun, Thailand. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19, pp.237-249.
- Mueller, W., Vardoulakis, S., Steinle, S., Loh, M., Johnston, H.J., Precha, N., Kliengchuay, W., Sahanavin, N., Nakhapakorn, K., Sillaparassamee, R. and Tantrakarnapa, K., 2021. A health impact assessment of long-term exposure to particulate air pollution in Thailand. *Environmental Research Letters*, 16(5), p.055018.
- Pattana-Anake, V. and Joseph, F.J.J., 2022, May. Hyper parameter optimization of stack LSTM based regression for PM_{2.5} data in Bangkok. In *2022 7th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)*. pp. 13-17.
- Ratchagit, M. and Xu, H., 2022. A two-delay combination model for stock price prediction. *Mathematics*, 10(19), p.3447.
- Sakul-Ung, P., Ruchanawet, P., Thammabunwarit, N., Vatcharaphrueksadee, A., Triperm, C. and Sodanil, M., 2019, December. PM_{2.5} prediction based weather forecast information and missingness challenges: a case study industrial and metropolis areas. In *2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C)*, pp. 1-5.
- Son, R., Stratoulis, D., Kim, H.C. and Yoon, J.H., 2023. Estimation of surface Pm_{2.5} concentrations from atmospheric gas species retrieved from tropomi using deep learning: impacts of fire on air pollution over Thailand. *Atmospheric Pollution Research*, 14(10), p.101875.
- Thanavanich, T., Yaibuates, M. and Suchaya, P., 2021, March. Improving the accuracy of forecasting PM_{2.5} concentrations with hybrid neural network model. In *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering* (pp. 18-22). IEEE.
- Vinitketkumnuen, U., Kalayanamitra, K., Chewonarin, T. and Kamens, R., 2002. Particulate matter, PM₁₀ & PM_{2.5} levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 519(1-2), pp.121-131.
- Wongrin, W., Chaisee, K. and Suphawan, K., 2023. Comparison of Statistical and Deep Learning Methods for Forecasting PM_{2.5} Concentration in Northern Thailand. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(2). pp.

วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสถิติแบบใหม่ สำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม (Hybrid Neural Networks) ที่สามารถพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)
- 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้า โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม (Hybrid Neural Network) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)

กรอบการวิจัย/พัฒนา

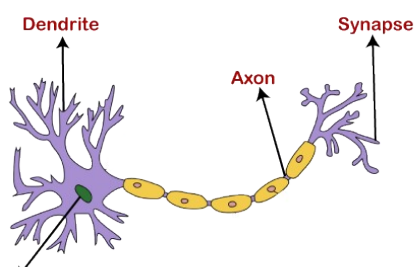
กรอบการวิจัยในโครงการวิจัย



รูปที่ 6 กรอบการวิจัย/พัฒนา

แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) คือการสร้างคอมพิวเตอร์ที่จำลองเอาวิธีการทำงานของสมองมนุษย์หรือทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักคิดและจดจำในแนวทางเดียวกับโครงข่ายประสาทมนุษย์ เพื่อช่วยให้คอมพิวเตอร์ฟังและอ่านภาษามนุษย์ได้เข้าใจ และรู้จำได้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็นสมองกลโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทจะอาศัย Back Propagation Algorithm ในการสร้างการเรียนรู้เพื่อให้เกิดความคิดเสมือนมนุษย์ ประเภทของการเรียนรู้หลักๆของโครงข่ายประสาทเทียมมีสองวิธีคือ การเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised Learning) เปรียบเทียบกับคน เหมือนกับการสอนนักศึกษาโดยมีอาจารย์ผู้สอนคอยแนะนำ และอีกประเภทหนึ่งคือการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เปรียบเทียบกับคน เช่น การที่เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ตามรูปร่างลักษณะของมันเองได้โดยไม่มีผู้สอน



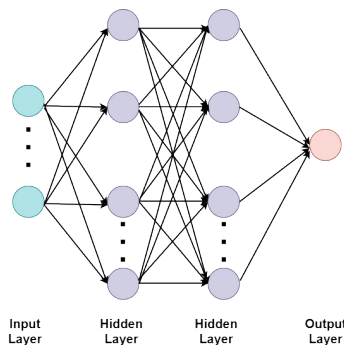
รูปที่ 7 แบบจำลองข่ายประสาทในสมองมนุษย์

ที่มา : Artificial Neural Networks – Javatpoint

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นหนึ่งในเทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคอนเนคชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายระบบประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neurons) และจุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า เดนไดรต์ (Dendrite) ซึ่งเป็น input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอก หรือ กระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกันกระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าจะต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอน

5.1 โครงสร้างและการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

หลักการสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียมคือ การพยายามสร้างโครงสร้างลอกเลียนการทำงานของเซลล์ประสาทในสมอง ซึ่งเหมือนกับสมองในแง่ที่ว่าเป็นการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อยๆ จนเกิดการเชื่อมโยงทำให้เกิดสติปัญญา เมื่อพิจารณาแล้วโครงข่ายของสมองมนุษย์นั้น มีขนาดใหญ่กว่า รวมทั้งยังมีความซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของโครงข่ายประสาทเทียมมาก อย่างไรก็ตามหน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นได้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม



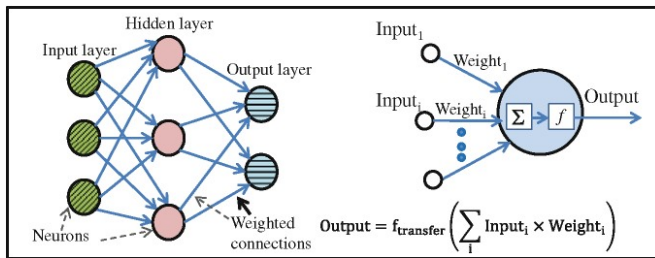
รูปที่ 8 โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียม (Manlika,2022)

สำหรับในคอมพิวเตอร์ Neurons ประกอบด้วย input และ output เหมือนกัน โดยจำลองให้ input แต่ละอันมี weight เพื่อเป็นตัวกำหนดน้ำหนักของ input โดย neuron แต่ละหน่วยจะมีค่า threshold เป็นตัวกำหนดว่าน้ำหนักรวมของ input ต้องมากขนาดไหนจึงจะสามารถส่งค่า output ไปยัง neurons ตัวอื่นได้ เมื่อนำ neuron แต่ละหน่วยมาต่อกันให้ทำงานร่วมกัน การทำงานนี้ ในทางตรรกะแล้วก็จะเหมือนกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสมองมนุษย์เพียงแต่ในคอมพิวเตอร์ทุก อย่างเป็นตัวเลข

หลักการการทำงานคือเมื่อมีข้อมูลนำเข้า (input) เข้ามายังโครงข่ายก็เอาข้อมูลนำเข้า (input) มา คูณกับน้ำหนัก (weight) ของแต่ละขา ผลที่ได้จากข้อมูลนำเข้า (input) ทุก ๆ ขาของ neuron จะเอามารวมกันแล้วก็เอามาเทียบกับจุดกระตุ้น (threshold) ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่า จุดกระตุ้น (threshold) แล้วโครงข่ายก็จะส่ง output ออกไป โดยoutput นี้ก็จะถูกส่งไปยังข้อมูลนำเข้า (input) ของ neuron อื่น ๆ ที่เชื่อมกันใน network ถ้าค่าน้อยกว่าจุดกระตุ้น (threshold) ก็จะไม่เกิด output

สิ่งสำคัญคือเราต้องทราบค่า weight และ threshold เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้ จำ สำหรับสิ่งที่เราต้องการ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ทำการปรับค่าเหล่านั้นได้โดยทำการสอนให้มันรู้จักรูปแบบของสิ่งที่เราต้องการให้มันเรียนรู้ ที่เรียกว่า "back propagation" ซึ่งเป็นการฝึกฝนกระบวนการส่งค่าย้อนกลับ ในการฝึก feed-forward neural networks จะมีการ

ใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (network weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป



รูปที่ 9 แบบจำลองโครงข่ายประสาท

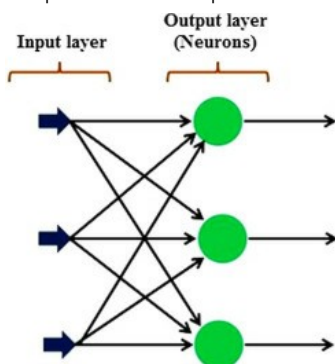
ที่มา : Artificial Neural Networks (ANN) (ebrary.net)

5.2 Network Layer

พื้นฐานที่สำคัญของ Artificial Neural Network ประกอบไปด้วย 3 ส่วน หรือ 3 layers ได้แก่ ชั้นของ input units ที่ถูกเชื่อมต่อกับชั้นของ hidden units ซึ่งเชื่อมต่อกับชั้นของ output units การทำงานของ input unit จะทำหน้าที่แทนส่วนของข้อมูลดิบที่จะถูกป้อนเข้าสู่เครือข่าย การทำงานของแต่ละ hidden units จะถูกกำหนดโดยการทำงานของ input units และค่าน้ำหนักบนความสัมพันธ์ระหว่าง input units และ hidden units พฤติกรรมการทำงานของ output units จะขึ้นอยู่กับการทำงานของ hidden units และค่าน้ำหนักระหว่าง hidden units และ output units Architecture of Layer สามารถจำแนกสถาปัตยกรรมของชั้น (layer) ออกเป็น 2 ประเภทคือ Single-layer และ Multi-layer

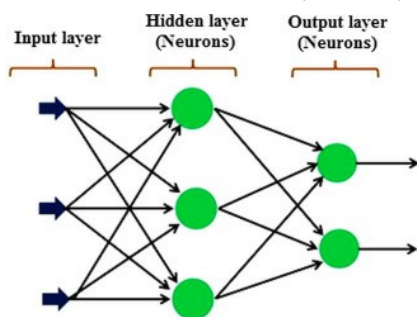
-Single-layer perceptron เครือข่ายประสาทที่ประกอบด้วยชั้นเพียงชั้นเดียว

จำนวน input nodes ขึ้นอยู่กับจำนวน components ของ input data และ activation function ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลของ output เช่น ถ้า output ที่ต้องการเป็น “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” เราจะต้องใช้ Threshold function



รูปที่ 10 Single-layer perceptron (Turkson et al., 2016)

- Multi-layer perceptron เครือข่ายประสาทจะประกอบด้วยหลายชั้นโดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนด (nodes) หรือเปรียบได้กับตัวเซลล์ประสาท (neurons) ค่าน้ำหนักของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น, ค่า bias และค่า output



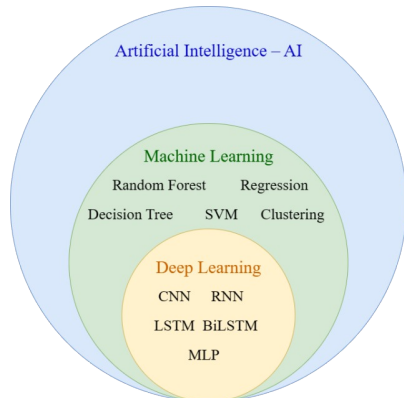
รูปที่ 11 Multi-layer perceptron (Turkson et al., 2016)

5.3 ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก (Artificial Neural Network, Machine Learning and Deep Learning)

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Neural Network) ได้กลายเป็นเทคโนโลยีและถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา โดยสามารถแบ่งออกเป็น การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก (Machine Learning and Deep learning)

Machine Learning คือการรับข้อมูลจำนวนมาก เพื่อจดจำความแตกต่างหรือลักษณะเด่นและทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม เช่น หากมีปีกก็แยกไปกลุ่มนก ไม่มีปีกแต่มีสี่ขาแยกไปกลุ่มสุนัข ตามจุดเด่นที่เห็นได้ชัด เป็นต้น ยิ่งเรียนรู้มากก็จะยิ่งแยกแยะจุดเด่นดังกล่าวได้ดีขึ้น

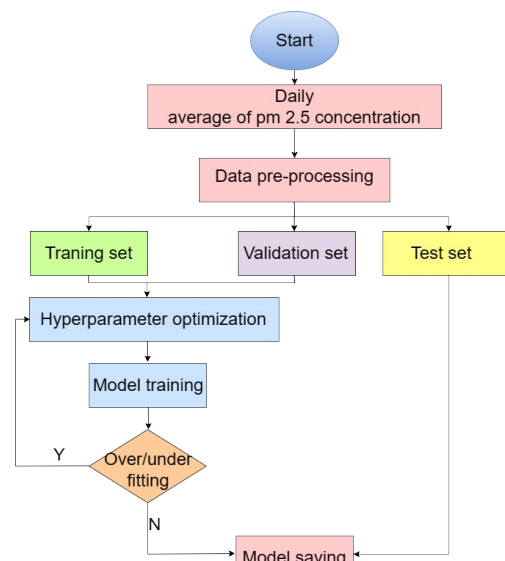
Deep Learning หรือการเรียนรู้เชิงลึก เป็นหนึ่งในฟังก์ชันของปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่เรียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ ในกระบวนการประมวลผลข้อมูลและเป็นการสร้างรูปแบบ สำหรับใช้ในการตัดสินใจ นอกจากนี้ Deep Learning ยังเป็นเซตย่อยของ Machine Learning ใน Artificial Intelligence (AI) เป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพของการเรียนรู้ที่ไม่มีผู้สอน หรือ Unsupervised Learning จากข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้างและแบบที่ไม่กำกับข้อมูล ทั้งนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Deep Neural Learning และ Deep Neural Network

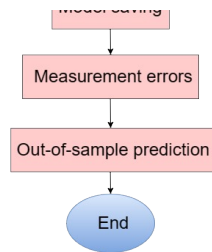


รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Artificial Neural Network, Machine Learning and Deep Learning

ระเบียบวิธีวิจัยและวิธีการดำเนินการ

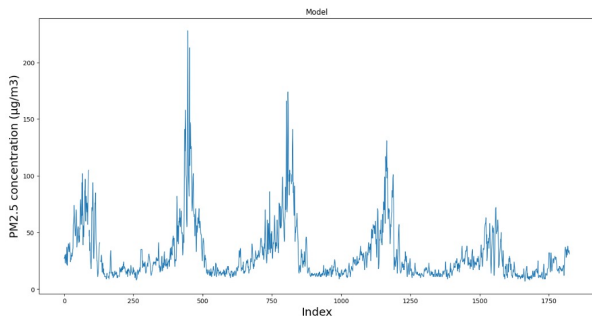
แนวทางการดำเนินงานวิจัยแสดงได้ดังนี้





ขั้นตอนที่หนึ่ง

ทำการบันทึกข้อมูลปริมาณ PM 2.5 รายวัน (หน่วย : ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ของจังหวัดในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) จากฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ในการเสนอ proposal ครั้งนี้ได้ทำการจัดเก็บข้อมูลปริมาณ PM 2.5 รายวัน จาก ฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ มาในบางส่วน เพื่อเป็นการยืนยันและเช็คข้อมูลว่าสามารถดาวน์โหลดได้และสามารถใช้ได้จริงก่อนที่จะนำมาปฏิบัติงาน ทั้งนี้ขอยกตัวอย่างข้อมูลปริมาณ PM 2.5 รายวัน ณ สถานี 35T ณ จุดวัดศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ 1 มกราคม ปี 2018 จนถึง 31 ธันวาคม ปี 2022 (ทั้งนี้จำนวนข้อมูลอาจมีการเพิ่มขึ้นหากทางฐานข้อมูลของกรมมลพิษมีการอัปเดตข้อมูล) แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 อนุกรมเวลาของปริมาณ PM2.5 ณ จุดวัดศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่

ขั้นตอนที่สอง

ทำการตรวจสอบว่ามีข้อมูลสูญหายหรือไม่ หากมีต้องทำการประมาณค่าข้อมูลสูญหายก่อน แล้วจึงทำการปรับข้อมูล ให้อยู่ในช่วง (0,1) ด้วยเทคนิค Min-Max normalization จากนั้นจึงทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ Training Set, Validation Set และ Test Set โดยมีอัตราส่วนการแบ่งอยู่ที่ 0.7:0.15:0.15

ขั้นตอนที่สาม

ใช้ข้อมูลสองส่วนแรกนั่นคือ Training Set สำหรับป้อนให้วิธีของ Machine Learning (ML) เกิดการเรียนรู้ โดยมีเทคนิคในการหาค่าประมาณที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ (Hyperparameters) ของตัวแบบ ML ข้อมูล ก่อนที่จะนำเอา Hyperparameters ของแต่ละตัวแบบ ML ไปประยุกต์ใช้ จะมีการตรวจสอบปัญหา overfitting/underfitting ก่อนเสมอ ส่วน Validation Set ใช้สำหรับทดสอบหาค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ หลังจากวิธี ML เรียนรู้เสร็จแล้วโมเดลทำงานได้ดีแค่ไหน เพื่อและหลังจากจนแต่ละครั้งโมเดลไหนทำงานได้ดีกว่ากัน ในขณะที่ข้อมูล Test Set ใช้สำหรับทดสอบหลังจากได้โมเดลที่ดีที่สุดมาแล้ว ว่าโมเดลจะทำงานได้ดีแค่ไหนกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน

ขั้นตอนที่สี่

ใช้เทคนิคการ Hybrid เพื่อรวมวิธีการพยากรณ์เดี่ยวแต่ละวิธีจากเทคนิค ML พร้อมทั้งคำนวณค่าและเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ซึ่งได้แก่ Root Mean Square Error (RMSE), Correlation Coefficient (R), Mean Absolute Error (MAE) และ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) เป็นต้น ต่อจากการวิเคราะห์เชิงสถิติของแบบจำลองงานวิจัยนี้ได้ทำการหาตรวจหามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)เพิ่มเติม เพื่อที่เป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีค่าให้กับรัฐบาลและผู้ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนสุดท้าย

ทำการเผยแพร่ผลการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) โดยตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการในระดับนานาชาติ

จัดอบรมการใช้โปรแกรมการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) จำนวน 2 วัน โดยมีผู้เข้าร่วมอบรม 50 คน

แผนการทำงาน

แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ปีที่	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละ ของ กิจกรรม
1	1	ทำการจัดเก็บข้อมูล PM 2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ พร้อมทั้งจัดการข้อมูลให้พร้อมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับวิธี ML										✓	✓		10
2	1	ศึกษาตัวแบบจำลองแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	✓	✓								✓	✓	✓	30
3	1	ทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบนประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						30
4	1	ตีพิมพ์งานวิจัยในการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)						✓	✓	✓	✓				10
5	1	จัดอบรมการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ด้วย Hybrid Artificial Neural Network								✓	✓				10
6	1	จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10

พื้นที่ทำวิจัย/ดำเนินโครงการ

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	สาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยโจ้ จังหวัดเชียงใหม่
2	ในประเทศ	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

พื้นที่ได้รับประโยชน์

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	สาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยโจ้ จังหวัดเชียงใหม่
2	ในประเทศ	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
3	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน
4	ในประเทศ	จังหวัดแม่ฮ่องสอน	เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน
5	ในประเทศ	จังหวัดลำปาง	เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน
6	ในประเทศ	จังหวัดลำพูน	เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน

งบประมาณรวมตลอดโครงการ งบม.เสนขอ 400,000 บาท

หมวดค่าใช้จ่าย/รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/ ครั้ง/ รายการเดือน	ราคาต่อหน่วย	งบ ประมาณ(บาท)
ปีที่ 1					
งบดำเนินงาน - ค่าใช้สอย					351,000
-ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล 3 คน ๆ ละ 1,500 บาท = 4,500 บาท	3	คน	1	1,500.00	4,500
ค่าจ้างเหมาจัดทำเว็บไซต์สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ล่วงหน้าระยะยาว ตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) 14,740 บาท/เว็บไซต์	1	เว็บไซต์	1	14,740.00	14,740
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลตรวจวัดปริมาณข้อมูลค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	20,000.00	20,000
- ค่าตอบแทนวิทยากร บรรยายรายละเอียด 6 ชั่วโมงจำนวน 3 คน อัตรา 1,000 บาท/	3	คน	1	6,000.00	18,000

ชั่วโมง x 6 ชั่วโมง = 6,000 บาท/คน คิดเป็น 18,000 บาท						
- ค่าอาหารกลางวัน จำนวน 54 คน อัตรา 120 บาท/คน x 2 มื้อ = 240 บาท/คน คิดเป็น 12,960 บาท	54	คน	1	2	120.00	12,960
- ค่าอาหารว่าง เช้า/บ่าย จำนวน 54 คน อัตรา 50 บาท/คน x 4 ครั้ง = 200 บาท/คน คิดเป็น 10,800 บาท	54	คน	1	4	50.00	10,800
-ค่าตีพิมพ์บทความวิจัย (Page charge) ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Q1 หรือ Q2 จำนวน 1 เรื่อง ๆ ละ 50,000 บาท	1	เรื่อง	1	1	50,000.00	50,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลตรวจวัดปริมาณฝน จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบรายกริด จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความเร็วลม (u-wind, v-wind) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความสูง (Geopotential height) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความชื้น (Relative humidity) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความกดอากาศผิวพื้น (Surface pressure) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลอุณหภูมิผิวพื้น (Surface temperature) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวพื้น (Surface relative humidity) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความเร็วลมที่ผิวพื้น (Surface wind) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000
-ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลโอโซน (O3) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567	1	รายการ	1	1	20,000.00	20,000

งบดำเนินงาน - ค่าสาธารณูปโภค						4,000
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย	1	ปี	1	1	4,000.00	4,000
งบดำเนินงาน - ค่าจ้าง						45,000
-ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย คุณวุฒิปริญญาตรี จำนวน 1 คน x15,000 บาท x 3 เดือน =45,000 บาท	1	คน	1	3	15,000.00	45,000

รายละเอียดการจัดซื้อครุภัณฑ์

ข้อมูลครุภัณฑ์
- ไม่มีข้อมูลการจัดซื้อครุภัณฑ์ -

มาตรฐานการวิจัย

- มีการใช้สัตว์ทดลอง
- มีการวิจัยในมนุษย์
- มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ
- มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ชื่อหน่วยงาน/บริษัท	ปีที่	แนวทางร่วมดำเนินการ	จำนวนเงิน (in-cash)	จำนวนเงิน (in-kind)	รวมเงินลงทุน
- ไม่มีข้อมูล -					

ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)

TRL ณ ปัจจุบัน ระดับ	3. Concept demonstrated analytically or experimentally
รายละเอียด	แนวทางการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)
TRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ	6. Representative of the deliverable demonstrated in relevant environments
รายละเอียด	มีเครื่องมือต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ณ ช่วงเวลา ตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5 ปีล่วงหน้า)

ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)

SRL ณ ปัจจุบัน ระดับ	3. initial testing of proposed solution(s) together with relevant stakeholders
รายละเอียด	มีแนวทางการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) จากองค์ความรู้จากหลายสาขา
SRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ	6. solution (s) demonstrated in relevant environment and in co-operation with relevant stakeholders to gain initial feedback on potential impact
รายละเอียด	มีเครื่องมือต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ณ ช่วงเวลา ตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5 ปีล่วงหน้า) ที่ผนวกองค์ความรู้หลายสาขาวิชา เพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันทั่วทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคต

แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

☑ การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ(ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วยการเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วยในประเทศ ดร. ประเมศ แก้วมีศรี นักพัฒนานวัตกรรม สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) สำนักงานใหญ่ (ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550) เลขที่ 120 อาคารรวมหน่วยราชการ (อาคารรัฐประศาสนภักดี) ชั้น 6 และชั้น 7 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 ต่างประเทศ 1. Associate Professor Honglei Xu School of Electrical Engineering, Computing and Mathematical Sciences, Curtin University Perth, 6102, Australia 2. Professor Nikolai Dokuchaev International Campus, Zhejiang University, Haining, China 3. Professor PN. Pathirana

School of Engineering, Deakin University, Australia. 4. Professor Jinde Cao School of Mathematics, Southeast University, Nanjing, China. 5. Professor Young Hoon Joo Department of Control and Robotics Engineering, Kunsan National University, South Korea. 6. Professor Chee Peng Lim Institute for Intelligent Systems Research and Innovation, Deakin University Geelong, Australia

□ การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Connections with stakeholder and user engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ประสพการณ์การบริหารงานของหัวหน้าโครงการ ในการบริหารโครงการย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี (โครงการที่เกิดผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก)

ชื่อโครงการวิจัย	หน่วยงานผู้ให้ทุน	ปีที่ได้รับงบประมาณ	งบประมาณ
- ไม่มีข้อมูล -			

ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ

ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ

ลำดับ	ผลผลิต	จำนวนนำส่ง/หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต
1	1. กำลังคน หรือหน่วยงาน ที่ได้รับการพัฒนาทักษะ - 1.1 นิสิต/นักศึกษา ระดับปริญญาตรี	20 คน	บุคลากรที่มีทักษะพื้นฐานด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ หรือการพัฒนาต่อยอด เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้
2	2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) - 2.4 บทความตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	1 เรื่อง	ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ระดับ ควอไทล์ Q1 หรือ Q2
3	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ระดับห้องปฏิบัติการ	1 ต้นแบบ	แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบนประเทศไทย
4	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.4 เทคโนโลยีใหม่/กระบวนการใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ	1 กระบวนการใหม่	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี)



ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ลำดับ	ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	จำนวน/หน่วยนับ	รายละเอียดโดยสังเขป
1	ผลงานตีพิมพ์ (Publications)	1 เรื่อง	ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ระดับ ควอไทล์ Q1 หรือ Q2
2	เครื่องมือหรือระเบียบวิธีการวิจัย / ฐานข้อมูลหรือแบบจำลองวิจัยที่ค้นพบใหม่ (Research tools or methods / Research databases or models)	1	แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย
3	เครื่องมือหรือระเบียบวิธีการวิจัย / ฐานข้อมูลหรือแบบจำลองวิจัยที่ค้นพบใหม่ (Research tools or methods / Research databases or models)	1	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี)
4	การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer)	1 ครั้ง	บุคลากรที่มีทักษะพื้นฐานด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ หรือการพัฒนาต่อยอด เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้

ผลกระทบ

ลำดับ	ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	รายละเอียดผลกระทบ
1	ด้านสังคม	ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชนและพื้นที่ของ ประเทศทั้งภาครัฐบาล/ภาคเอกชน มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์ มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ตั้งแต่ปี 2568 ถึง ปี 2572 (5ปี) บริเวณประเทศไทย โดยใช้ แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) เพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปางและแม่ฮ่องสอน) ได้ทันทั่วทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไป พร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ใน ประเทศไทย และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยได้ในอนาคต
2	ด้านเศรษฐกิจ	ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือ ตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันทั่วทั้งเชิง พื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และ แม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือ ตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคต
3	ด้านสิ่งแวดล้อม	ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชนและพื้นที่ของ ประเทศทั้งภาครัฐบาล/ภาคเอกชน มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์ มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ตั้งแต่ปี 2568 ถึง ปี 2572 (5ปี) บริเวณประเทศไทย โดยใช้ แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) เพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปางและแม่ฮ่องสอน) ได้ทันทั่วทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไป พร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ใน ประเทศไทย และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยได้ในอนาคต

เอกสารแนบ

ชื่อไฟล์	ประเภทเอกสาร	ประเภทไฟล์
การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน p.docx	แบบฟอร์มข้อเสนอ	
การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน p.pdf	แบบฟอร์มข้อเสนอ	
รหัส 003-27 ข้อมูลการแตกรายละเอียดงบประมาณ.xlsx	เอกสารอื่นๆ (ข้อมูลการแตกรายละเอียดงบประมาณ (แตกตัวคูณ) เฉพาะปีที่เสนอ)	