แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัย ฉบับสมบูรณ์ (Full Proposal)
งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF)
ชื่อหน่วยงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<u>ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป</u>

1. โครงการวิจัยนี้อยู่ภายใต้แผนงาน Carbon Neutral และ การจัดการของเสียและเศษเหลือการเกษตร

2. ชื่อโครงการวิจัย

(ภาษาไทย) การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด

(ภาษาอังกฤษ) Forecasting Air Pollution (PM2.5) In the Northern Upper Thailand Using Hybrid Artificial Neural Networks

3. ชื่อโครงการวิจัยย่อยภายใต้โครงการวิจัย (หากมี)

ลำดับ	ชื่อโครงการย่อย	งบประมาณ (บาท)	หัวหน้าโครงการย่อย

4. ลักษณะโครงการวิจัย

● โครงการใหม่ ที่เริ่มดำเนินการในปีที่เสนอขอ ดำเนินงาน .....1.....ปี
งบประมาณรวมทั้งโครงการ .....400,000 .....บาท
ปีงบประมาณ .....2568..... งบประมาณ ..... 400,000.....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

○ โครงการต่อเนื่อง จากปีงบประมาณที่ผ่านมา ดำเนินงาน .....ปี
งบประมาณรวมทั้งโครงการ .....บาท
ใส่รหัสข้อเสนอโครงการต่อเนื่อง.....(ระบบดึงข้อมูลมาให้ :นักวิจัยสามารถปรับแก้ข้อมูลได้)
เริ่มรับงบประมาณปี..... (กรอกปีงบประมาณที่เริ่มดำเนินงาน)
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท
ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

○ โครงการต่อเนื่องที่มีข้อผูกพันสัญญา* ดำเนินงาน .....ปี

งบประมาณรวมทั้งโครงการ .....บาท

ใส่รหัสข้อเสนอโครงการต่อเนื่อง.....(ระบบดึงข้อมูลมาให้ :นักวิจัยสามารถปรับแก้ข้อมูลได้)

เริ่มรับงบประมาณปี..... (กรอกปีงบประมาณที่เริ่มดำเนินงาน)

ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

ปีงบประมาณ ..... งบประมาณ .....บาท

หมายเหตุ : *โครงการต่อเนื่องที่มีข้อผูกพันสัญญา หมายถึง ข้อผูกพันสัญญาที่ดำเนินการตามมติ ครม. หรือดำเนินงานร่วมกับหน่วยงานต่างประเทศ

ผลการดำเนินที่ผ่านมา (กรณีที่เป็นโครงการต่อเนื่อง)

ปีงบประมาณ	ผลการดำเนินงานเทียบกับแผนที่ตั้งไว้ (%)	งบประมาณที่ได้รับจัดสรร (บาท)	งบประมาณที่ใช้จริง (บาท)	สัดส่วนงบประมาณที่ใช้จริง (%)

สรุปผลการดำเนินงานที่ผ่านมา โดยอธิบายกิจกรรมที่ได้ดำเนินการแล้ว และผลผลิตที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

.....

.....

5. โครงการยื่นเสนอขอรับทุนจากหน่วยงานอื่นหรือไม่

● ไม่ยื่นเสนอ ○ ยื่นเสนอ ระบุหน่วยงาน.....

6. คำสำคัญ (Keywords) (กำหนดไม่เกิน 5 คำ)

(ภาษาไทย) การพยากรณ์, เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด, มลพิษอากาศ, PM2.5

(ภาษาอังกฤษ) Forecasting, Hybrid Artificial Neural Networks, Air Pollution, PM2.5

7. สาขาการวิจัย (เลือกจากฐานข้อมูลในระบบ)

สาขาการวิจัยหลัก OECD วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ

สาขาการวิจัยย่อย OECD คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์และสารสนเทศศาสตร์

8. ISCED (International Standard Classification Of Education)

ISCED Broad field	Natural sciences, mathematics, and statistics
ISCED Narrow field	Natural sciences, mathematics and statistics not further defined.
ISCED Detailed field	Inter-disciplinary programmes and qualifications involving natural sciences, mathematics, and statistics

9. รายละเอียดของคณะผู้วิจัย (ใช้ฐานข้อมูลจากระบบสารสนเทศกลางเพื่อบริหารงานวิจัยของประเทศ) ประกอบด้วย

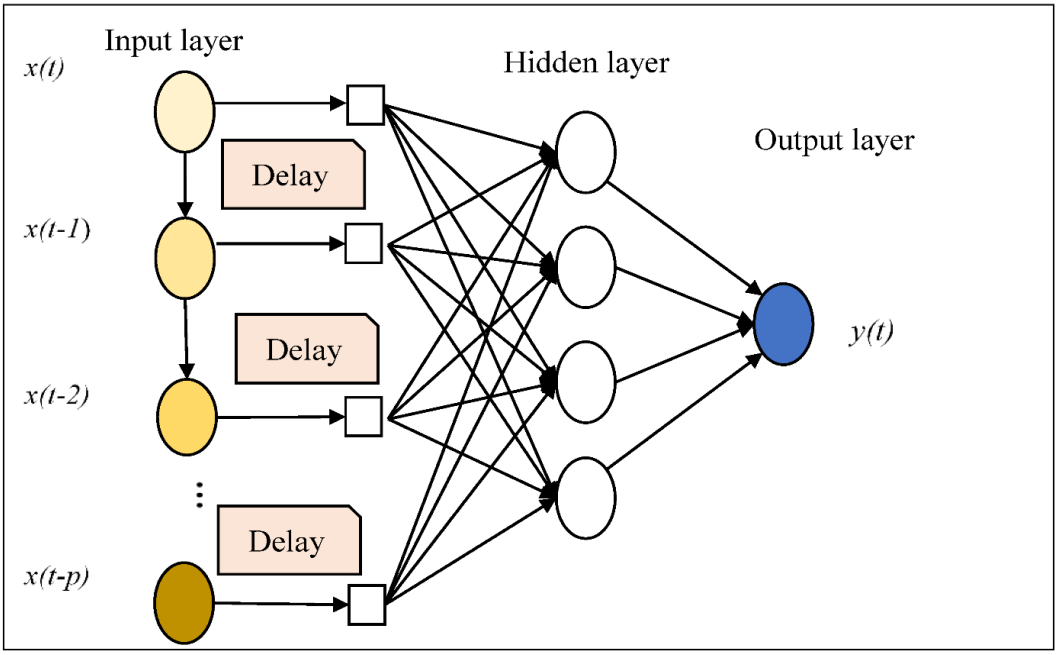
ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการดำเนินโครงการวิจัย
ผศ. ดร. มัลลิกา ราชกิจ	สาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์	หัวหน้าโครงการวิจัย	100%

<u>ส่วนที่ 2 ข้อมูลโครงการวิจัย</u>

1. บทสรุปข้อเสนอโครงการ (ไม่เกิน 3000 คำ)

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 และประยุกต์ใช้ได้จริงกับเหตุการณ์ในปัจจุบันและอนาคตให้เป็นผลประโยชน์ในการวางแผนจัดการการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศ การวางแผนการพยากรณ์ที่ดีนั้นจะต้องอาศัยเครื่องมือในการพยากรณ์ที่ดีด้วย ในด้านของเทคนิคการพยากรณ์ทางคณิตศาสตร์และสถิติเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็น เพราะจะสามารถช่วยให้ทราบถึงผลของแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนสามารถศึกษาลักษณะข้อมูลในอดีต โดยอาศัยเทคนิคการพยากรณ์ที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งที่ต้องการศึกษาล่วงหน้าได้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริดให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ซึ่งได้เลือกตัวแบบใหม่และพัฒนาขึ้นจากวิธีเดิมนั้นคือ ตัวแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Networks) ซึ่งสามารถอธิบายในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ที่มีตัวหน่วงซึ่งอธิบายดังสมการต่อไปนี้



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของ Neural Network Model

$$\dot{x}_i(t) = -Px_i(t) + Qf\big(x_i(t)\big) + Rg\left(x_i\big(t-h(t)\big)\right) + S\left(\int_{t-k(t)}^{t} h(x_i(s))ds\right) + l_i$$

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, $f\big(x_i(t)\big), \left(x_i\big(t-h(t)\big)\right), h\big(x_i(t)\big)$, เป็นฟังก์ชันกระตุ้นของเซลล์ประสาทที่มีตัวหน่วง, I_i เป็นตัวใส่ข้อมูลสัญญาณ, $h(t)$ เป็นตัวหน่วงที่แปรผันตามเวลา, $k(t)$ เป็นตัวหน่วงแบบแจกแจงที่แปรผันตามเวลาและเงื่อนไขของ$f\big(x_i(t)\big), g\left(x_i\big(t-h(t)\big)\right), h\big(x_i(t)\big)$,ได้กำหนดเงื่อนไขไว้ดังนี้

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

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

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

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

โครงข่ายควบคุมได้รับการออกแบบและอธิบายในรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์ได้ดังนี้

$$\dot{x}_i(t) = -Ax_i(t) + Bf\big(x_i(t)\big) + Cg\left(x_i\big(t-h(t)\big)\right) + DL\left(\int_{t-k(t)}^{t} x_i(s)ds\right) + c_1\sum_{j=1}^{N} a_{ij}\Gamma_1 g_l\big(x_i(t)\big) + \sum_{l=1}^{M} c_{2l}\sum_{j=1}^{N} b_{ij}^{l}\Gamma_2^{l} g_l\left(x_i\big(t-h_l(t)\big)\right) + \sum_{l=1}^{M} c_{3l}\sum_{j=1}^{N} c_{ij}^{l}\Gamma_3^{l}\int_{t-k_l(t)}^{t} g_l\big(x_i(s)\big)ds, \tag{1}$$

$$\dot{y}_i(t) = -Ax_i(t) + Bf\big(x_i(t)\big) + Cg\left(x_i\big(t-h(t)\big)\right) + DL\left(\int_{t-k(t)}^{t} x_i(s)ds\right) + c_1\sum_{j=1}^{N} a_{ij}\Gamma_1 g_l\big(y_i(t)\big) + \sum_{l=1}^{M} c_{2l}\sum_{j=1}^{N} b_{ij}^{l}\Gamma_2^{l} g_l\left(y_i\big(t-h_l(t)\big)\right) + \sum_{l=1}^{M} c_{3l}\sum_{j=1}^{N} c_{ij}^{l}\Gamma_3^{l}\int_{t-k_l(t)}^{t} g_l\big(y_i(s)\big)ds + U_i(t) + w_i(t), \tag{2}$$

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

เมื่อ $x_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{in}(t))^t \in R^n, y_i(t) = (y_{i1}(t), y_{i2}(t), \dots, y_{in}(t))^t \in R^n$ คือ เวกเตอร์สถานะของโครงข่ายประสาทตามลำดับ n คือจำนวนของระบบประสาท และ

$$f\big(x_i(t)\big) = [f\big(x_1(t)\big), f\big(x_2(t)\big), \dots, f\big(x_n(t)\big)]$$
$$g\big(x_i(t)\big) = [g\big(x_1(t)\big), g\big(x_2(t)\big), \dots, g\big(x_n(t)\big)]$$
$$L\big(x_i(t)\big) = [L\big(x_1(t)\big), L\big(x_2(t)\big), \dots, L\big(x_n(t)\big)]$$

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

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชน ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ใน

ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคต

2. หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัย

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 อันเป็นผลให้ในช่วงฤดูร้อน ประเทศไทยจะมีสภาพอากาศชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกติดต่อกันโดยเฉลี่ยประมาณ 6 เดือน ส่วนในช่วงฤดูหนาวจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมฤดูหนาว จึงทำให้มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งและหนาวเย็น แต่ว่าจะปรากฏอยู่เพียงระยะเวลาสั้น ๆ คือราว ๆ 3 เดือนเท่านั้น ส่วนระยะเวลาที่เหลืออีกประมาณ 3 เดือนจะเป็นช่วงที่อากาศร้อนและแห้งแล้งมาก อย่างไรก็ตามในช่วงผลัดเปลี่ยนฤดูของลมมรสุมที่พัดจะถือว่าเป็นระยะเวลาหัวเลี้ยวหัวต่อมีระยะเวลาราว 1-2 สัปดาห์ ในช่วงเวลาดังกล่าว ทิศทางของลมที่พัดจะไม่แน่นอน ถ้าหากลมมรสุมชนิดใดชนิดหนึ่งพัดแรงขึ้น อีกชนิดหนึ่งก็จะอ่อนกำลังลง ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมสองชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

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

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

จากลักษณะภูมิอากาศตามที่กล่าวมาแล้ว ประกอบเมื่อพิจารณาตามลักษณะอุตุนิยมวิทยาแล้ว เราสามารถแบ่งฤดูกาลของประเทศไทยตอนบนได้ดังนี้

– ฤดูฝน โดยปกติแล้วฤดูฝนของประเทศไทยจะเริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้พัดปกคลุมประเทศไทยแล้ว คือ ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป และไปสิ้นสุดราวกลาง เดือนตุลาคม มีระยะเวลาประมาณ 5 เดือน

– ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ในระยะนี้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้พัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไป อากาศจะหนาวเย็น ยกเว้นภาคใต้ของประเทศไทยอุณหภูมิจะลดลงได้บ้างเป็นครั้งคราวและจะมีฝนตกตามชายฝั่งทะเลตะวันออก ตั้งแต่สุราษฎร์ธานีลงไปจนถึงนราธิวาส

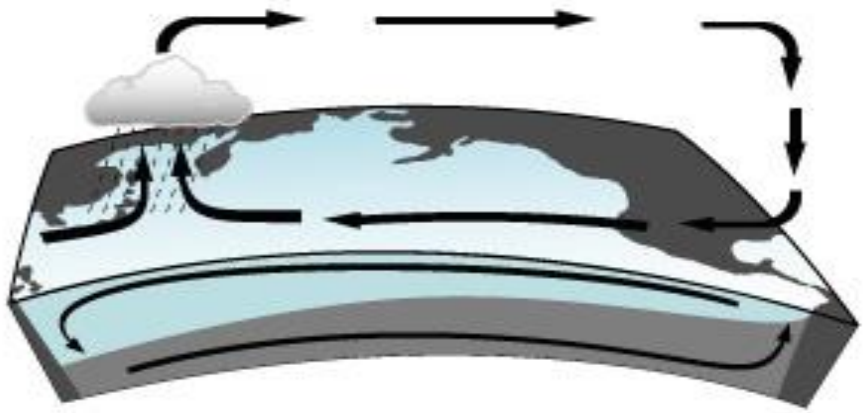
– ฤดูร้อน เริ่มตั้งกลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้ลมฝ่ายใต้ตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย และดวงอาทิตย์กำลังเคลื่อนผ่าน เส้นศูนย์ขึ้นไปทางซีกโลกภาคเหนือ ดังนั้นดินจะสะสมความร้อนไว้และร้อนขึ้น ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังอ่อนลงและค่อนข้างแปรปรวน ทำให้อากาศร้อน อบอ้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนเมษายน พายุฤดูร้อนเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เด่นชัดทางประเทศไทยตอนบน

อีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้สภาพอากาศของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีน ซึ่งมีอาณาเขตติดกับทั้งมหาสมุทรแปซิฟิกทางตะวันออกและมหาสมุทรอินเดียทางด้านทิศตะวันตก จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรอินเดียและแปซิฟิก โดยเฉพาะมหาสมุทรแปซิฟิกมีผลกระทบโดยตรงต่อลักษณะภูมิอากาศ เช่น ฝนตกหนัก-น้ำท่วม ความแห้งแล้ง และสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว อ้างอิงจาก อุษา ฮัมฟรี่ และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาวิจัยพบว่าผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและปรากฏการณ์ลานีญาต่อปริมาณฝนในแต่ละภาคของประเทศไทยเป็นไปไม่สม่ำเสมอ โดยที่ปรากฏการณ์เอลนีโญเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 สูงกว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลค่าปกติ ซึ่งควรส่งผลให้ปริมาณฝนในประเทศไทยน้อยลง แต่ปรากฏว่าบางภูมิภาคของประเทศไทย ปริมาณฝนไม่ได้น้อยลงตาม และเช่นกันสำหรับปรากฏการณ์ลานีญาเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 ต่ำกว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลค่าปกติ ซึ่งควรส่งผลให้ปริมาณฝนในประเทศมากขึ้น แต่ปรากฏว่ามีบางปรากฏการณ์ลานีญา ไม่ได้ส่งผลให้บางภูมิภาคของประเทศไทยมีปริมาณฝนมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณ Niño 3.4 ค่าที่คำนวณได้มีทั้งค่าบวกและค่าลบ ซึ่งค่าลบแปลว่าปริมาณฝนและอุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ยบริเวณ 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 ปรากฏการณ์เอลนินโญ และ ปรากฏการณ์ลานีญา

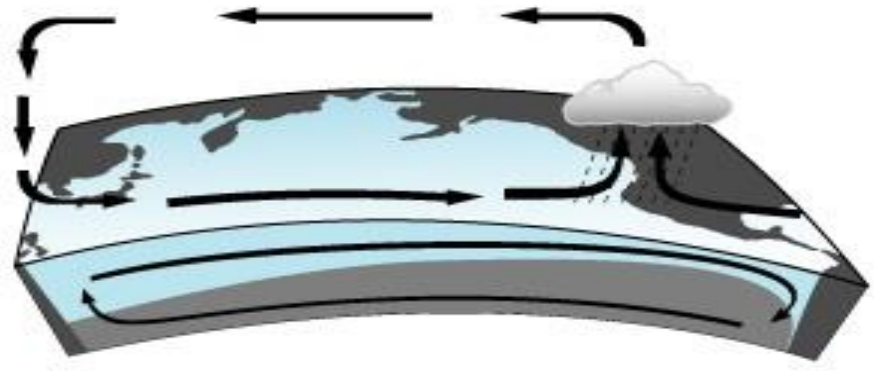
ความหมาย เอลนีโญ (El Niño) เป็นคำในภาษาสเปนแปลว่า บุตรพระคริสต์ เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของกระแสอากาศกับกระแสน้ำในมหาสมุทร มักเกิดขึ้นในช่วงเทศกาลคริสต์มาส เมื่อกระแสน้ำอุ่นในมหาสมุทรแปซิฟิกไหลเข้าแทนที่กระแสน้ำเย็นบริเวณชายฝั่งเปรู ส่งผลกระทบทางระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร ฝูงปลามีจำนวนลดลง ทำให้นกชายฝั่งขาดอาหาร ชาวประมงขาดรายได้ รวมทั้งเกิดฝนตกและดินถล่มอย่างรุนแรงในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ อย่างไรก็ตามเอลนีโญเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีคาบเวลาที่แน่นอน ไม่ได้เกิดขึ้นทุกปี ขณะที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งอาจกินเวลา 2 - 3 เดือนหรือนานกว่า เอลนีโญจึงมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า “El Niño – Southern Oscillation” เรียกอย่างสั้นว่า "ENSO" หมายถึงความผันผวนซึ่งเกิดขึ้นบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ ปัจจุบันมีการใช้คำนี้อย่างแพร่หลายเพื่อหมายถึงปรากฏการณ์ของภูมิอากาศที่รุนแรงผิดปกติ และเชื่อมโยงกับสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงทั่วโลก โดยปรากฏการณ์เอลนินโญครั้งใหญ่ๆ มักเกิดขึ้นประมาณ 3 ครั้งต่อปี และตามสถิติของปรากฏการณ์ มีวงจรเกิดทุก 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 เป็นประโยชน์ต่อนกทะเลและการทำประมงชายฝั่งของประเทศเปรู



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

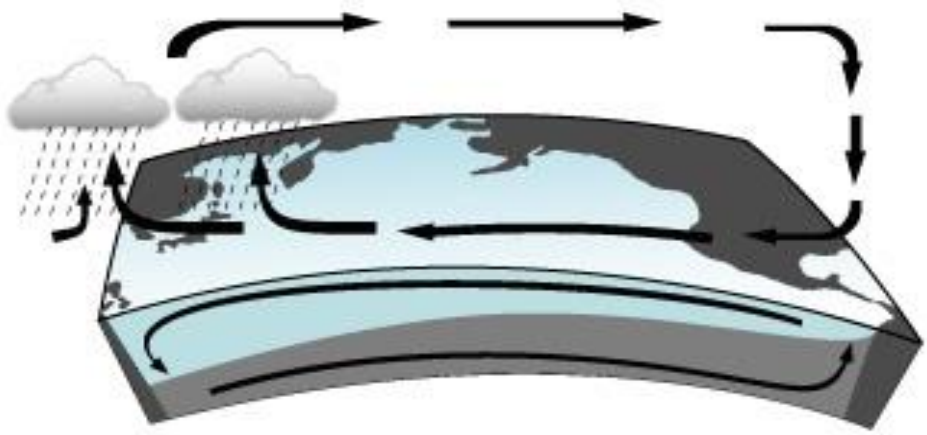
เมื่อเกิดเอลนีโญ กระแสลมสินค้าตะวันออกอ่อนกำลัง กระแสลมพื้นผิวจึงเปลี่ยนทิศทาง พัดจากประเทศอินโดนีเซียและออสเตรเลียตอนเหนือไปทางทิศตะวันออก แล้วยกตัวขึ้นเหนือชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ทำให้เกิดฝนตกหนักและแผ่นดินถล่มในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ กระแสลมพัดกระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกันบริเวณชายฝั่งประเทศเปรู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



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

ลานีญา (La Niña) แปลว่า บุตรธิดา เป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะตรงข้ามกับเอลนีโญ คือมีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาวะปกติแต่รุนแรงกว่า กล่าวคือ กระแสลมสินค้าตะวันออก (Trade wind) ที่พัดไปทางทิศตะวันออกมีกำลังแรงทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณทางซีกตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกสูงกว่าสภาวะปกติ ลมค้ายกตัวเหนือประเทศ

อินโดนีเซียทำให้เกิดฝนตกอย่างหนัก แต่ที่บริเวณชายฝั่งประเทศเปรูน้ำเย็นใต้มหาสมุทรยกตัวขึ้นแทนที่กระแสน้ำอุ่นบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกทางซีกตะวันออกดังรูปที่ 4 ทำให้เกิดธาตุอาหารและฝูงปลาชุกชุม



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

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีนักวิจัยคิดค้นเครื่องมือ/ วิธีการในการศึกษารูปแบบ ผลกระทบและพยากรณ์ปรากฏการณ์เหล่านี้ โดยอาศัยการพัฒนาและขีดความสามารถของระบบประมวลผลชนิดใหม่ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมหาศาลได้ในฉับพลัน ตลอดจนมีความสามารถ ในการเรียนรู้และคิดได้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็น "สมองกล" อย่างแท้จริง จึงเป็นเป้าหมายสำคัญเป้าหมายหนึ่งของวงการวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน แนวทางหนึ่งซึ่งนักวิทยาศาสตร์กำลังให้ความสนใจอยู่เป็นอย่างมาก คือ การพยายามศึกษาและเลียนแบบประมวลผลของสมองสิ่งมีชีวิต โดย มุ่งเน้นว่าระบบประมวลผลที่ได้จะมี "ปัญญา" (Intelligence) ในลักษณะเดียวกับสิ่งมีชีวิต ระบบประมวลผลดังกล่าวคือ "ปัญญาประดิษฐ์" (Artificial intelligence) และระบบปัญญาประดิษฐ์ที่ประยุกต์ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันคือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนคชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ "นิวรอน" (Neurons) และ "จุดประสานประสาท" (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรท์" (Dendrite) ซึ่งเป็น input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอคซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรท์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะ

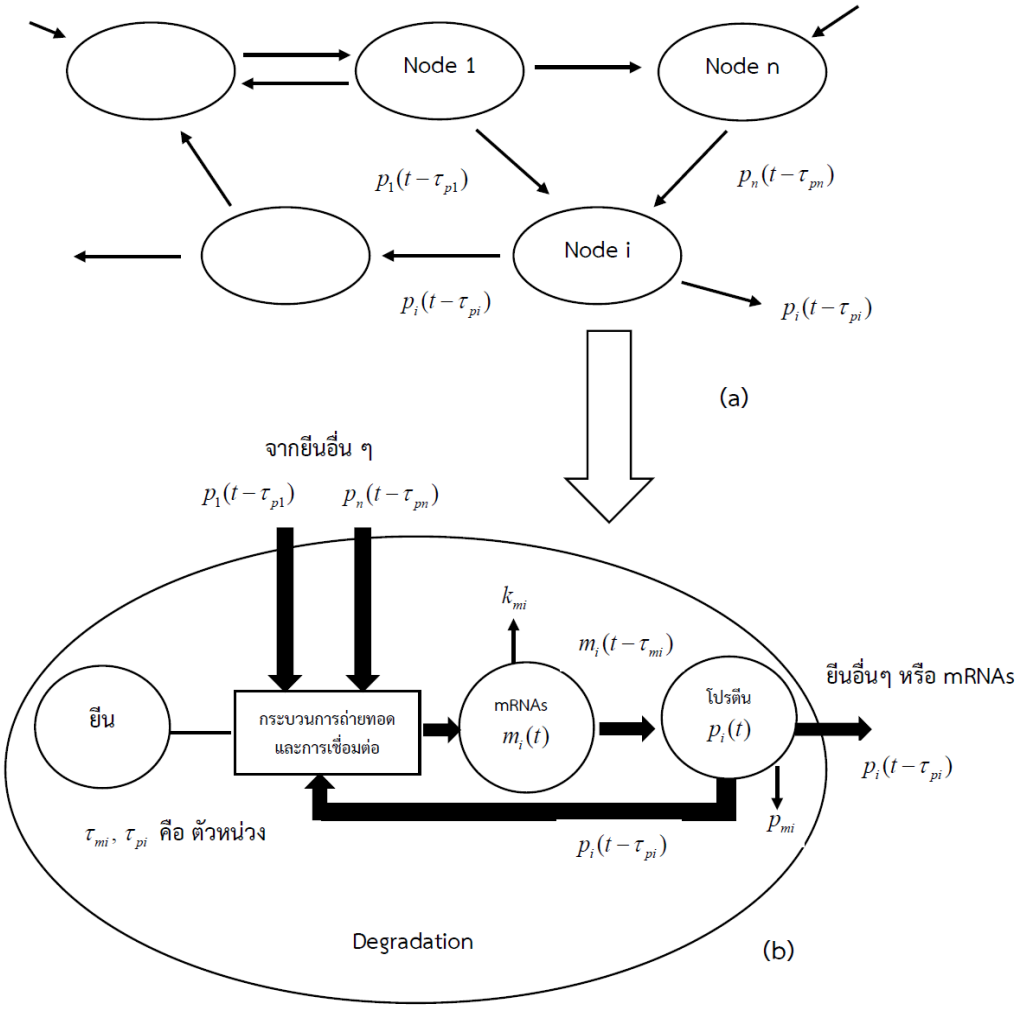
กระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอคซอนของมัน นักวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันเห็นตรงกันว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างแตกต่างจากโครงข่ายในสมอง แต่ก็ยังเหมือนสมอง ในแง่ที่ว่าโครงข่ายประสาทเทียม คือการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อย ๆ และการเชื่อมต่อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสติปัญญาของโครงข่าย เมื่อพิจารณาขนาดแล้วสมองมีขนาดใหญ่กว่าโครงข่ายประสาทเทียมอย่างมาก รวมทั้งเซลล์ประสาทยังมีความซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของโครงข่าย อย่างไรก็ดีหน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นอย่างง่ายด้วยโครงข่ายประสาท สำหรับการสร้างแบบจำลองของโครงข่ายประสาทขึ้นมาเป็นโครงข่ายประสาทเทียมนั้น ทำได้โดยการพยายามทำความเข้าใจกับกระบวนการทำงานของสมองแล้วพยายามอธิบายการทำงานด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ จากนั้นออกแบบระบบคอมพิวเตอร์ หรือเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะทำงานตามแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ จากการทำงานของเซลล์ประสาทกระแสประสาทจะใช้เวลาในการทำงานในหน่วย Millisecond แต่การทำงานของ Neural Networks จะทำงานในหน่วย nanosecond เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมมีกระบวนการทำงาน ภายใต้การทำงานขององค์ประกอบย่อยตามรูปแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของสิ่งมีชีวิตทำให้รูปแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบ Multiprocessor Computer System ซึ่งมีลักษณะดังนี้ คือ มีการประมวลผลในแต่ละส่วนอย่างง่าย ๆ มีการเชื่อต่อภายในระบบมากมาย มีการส่งผ่านข้อมูลที่มีขนาดเล็ก เข้าใจง่าย ภายในระบบ และมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานในแต่ละองค์ประกอบมีผลกระทบถึงกัน จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ในปัจจุบัน

โดยทั่วไปโครงข่ายคือชุดขนาดใหญ่ของโหนดที่เชื่อมต่อกันจำนวนมากซึ่งแต่ละโหนดเป็นหน่วยพื้นฐานที่มีเนื้อหาเฉพาะของโหนดนั้น ตามสมมติฐานโครงข่ายเหล่านี้ถูกอธิบายด้วยกราฟทางคณิตศาสตร์ ในกราฟดังกล่าวจุดยอดแต่ละจุดแสดงถึงองค์ประกอบแต่ละส่วนในระบบ ในขณะที่เส้นเชื่อมแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งนี้โหนดสองโหนดถูกเชื่อมเข้าด้วยกันในกรณีที่มีการสื่อสารระหว่างกันหรือการทำงานพร้อมกันเท่านั้น โครงข่ายพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนได้มีนักวิจัยศึกษากันอย่างกว้างขวางเพราะโครงข่ายพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนนี้ได้ปรากฏในธรรมชาติและการประยุกต์ใช้หลากหลายสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์ ทางวิศวกรรมศาสตร์ ทางเศรษฐศาสตร์ ทางการแพทย์ ทางวิทยาการข้อมูล เป็นต้น โครงข่ายพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนที่เราสนใจศึกษาหมายถึง โครงข่ายที่มีส่วนประกอบหลายส่วนซึ่งแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์และมีความเกี่ยวข้องกันค่อนข้างมาก เพราะการทำงานของโครงข่ายจะทำงานพร้อมกันทุกส่วนเพื่อให้โครงข่ายโดยรวมทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ 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 การสื่อสาร และระบบการส่งถ่ายข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งในสถานการณ์ปัจจุบันได้มีการทำงานบนโครงข่ายอินเตอร์เน็ตมากขึ้นโดย

ได้มีการส่งถ่ายข้อมูลที่พร้อมกันเป็นจำนวนมาก จึงอาจจะทำให้การทำงานทั้งระบบมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร นั่นคือ การไม่มีความเสถียรภาพ (instability) หรือประสิทธิภาพของการทำงานลดลง (poor performance) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมการทำงานของโครงข่ายพลศาสตร์ที่มีตัวหน่วงเวลาเพื่อให้ประสิทธิภาพของการทำงานมีความเสถียรภาพและน่าเชื่อถือได้ จึงได้มีการออกแบบตัวควบคุมที่เหมาะสมกับโครงข่ายพลศาสตร์ควบคู่ที่มีตัวหน่วง ซึ่งจะเห็นว่าโครงข่ายพลศาสตร์ควบคู่ที่มีตัวหน่วงนั้นมีจุดการเชื่อมต่อจำนวนมาก จึงเป็นเรื่องยากมากที่จะทำการควบคุมทุกจุดของการเชื่อมต่อได้ จึงได้มีนักวิจัยได้คิดค้นตัวควบคุมเพื่อใส่เข้าไปที่จุดเชื่อมต่อเป็นบางจุดเท่านั้น แต่สามารถทำให้การทำงานพร้อมกันของโครงข่ายพลศาสตร์ควบคู่ที่มีตัวหน่วงทั้งโครงข่ายมีความเสถียรภาพ ซึ่งปัจจุบันตัวควบคุมที่ใช้นั้นมีหลากหลายมาก เช่น ตัวควบคุมแบบย้อนกลับ (feedback control) ตัวควบคุมแบบแอคทีพ (active control) ตัวควบคุมแบบกระตุ้น (impulsive control) ตัวควบคุมชนิดปรับตัวได้ (adaptive control) ตัวควบคุมแบบตัวอย่าง (sampled-data control) เป็นต้น ซึ่งตัวควบคุมดังกล่าวจะต้องใส่เข้าไปในการทำงานของโครงข่ายพลศาสตร์ควบคู่ที่มีตัวหน่วงตลอดเวลาที่ทำงาน ซึ่งจะทำให้มีค่าใช้จ่ายต้นทุนในการควบคุมและเสียเวลาในประมวลผลมาก

ความเสถียรของระบบเป็นหัวข้อที่ตรงกันข้ามกับความไม่แน่นอนของระบบ ซึ่งเซลล์ต้องทำงานอยู่บนความไม่แน่นอน และในบางกรณีเซลล์ก็ใช้ประโยชน์จากความไม่แน่นอนเพื่อสร้างความหลากหลายให้กับตัวเอง แต่หากมองในมุมกลับระบบภายในเซลล์ก็จำเป็นต้องพยายามรักษาเสถียรภาพของระบบไว้ เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามปกติ การศึกษาความเสถียรของระบบ จึงเน้นที่การศึกษาความสมดุลระหว่างเสถียรภาพและความไม่แน่นอน ดังนั้นการศึกษาแบบจำลองของระบบทำให้เราสามารถแยกแยะได้ว่า โครงสร้างความสัมพันธ์แบบใดที่เหมาะกับการรักษาเสถียรภาพ และแบบใดที่ไม่เหมาะสม

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



รูปที่ 5 แสดงเครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่มีวงจรย้อนกลับสำหรับการถอดรหัสและประกบของยีน

(a) เครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

(b) โครงสร้างของโนด i โดยสิ่งที่ป้อนเข้าคือ $p_1(t-\tau_{p1}),\ldots,p_n(t-\tau_{pn})$ และออกคือ $p_i(t-\tau_{pi})$

จากข้อมูลดังกล่าวนักวิจัย จึงได้สนใจที่จะศึกษาการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับเครือข่ายควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่มีตัวหน่วงแปรผันตามเวลา ซึ่งอธิบายในรูปแบบของสมการเชิงอนุพันธ์ ดังนี้

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

โดยที่

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

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

$\tau_m = (\tau_{m1}, \dots, \tau_{mn}) \in \mathbb{R}^n$ และ $\tau_p = \left(\tau_{p1}, \dots, \tau_{pn}\right) \in \mathbb{R}^n$ คือตัวหน่วงย้อนกลับเป็นเวกเตอร์ค่าจริงของ mRNA และโปรตีนตามลำดับ $m(t, \tau_m) = (m_1(t, \tau_{m1}), \dots, m_n(t, \tau_{mn})$, $p(t, \tau_p) = \left(p_1(t, \tau_{p1}), \dots, p_n(t, \tau_{pn}\right)$, $c(p) = \left(c_1(p), \dots, c_n(p)\right) \in \mathbb{R}^n$ และ $d(m) = \left(d_1(m_1), \dots, d_n(m_n)\right) \in \mathbb{R}^n$ คือฟังก์ชันไม่เป็นเชิงเส้นทั่วไป

การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างก้าวกระโดดในปัจจุบันทำให้เกิดองค์ความรู้ที่ช่วยในการดำเนินการทางเศรษฐกิจ การเมืองและการดำรงชีวิตของปัจเจกได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น แน่นอนว่าการดำเนินการเหล่านี้มักเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจและขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับ ทั้งนี้ถ้าข้อมูลมีจำนวนมหาศาล จึงเกิดประเด็นที่น่าสนใจคือ ผู้ที่ต้องตัดสินใจจะทำการตัดสินใจภายใต้ข้อมูลจำนวนมากเหล่านั้นได้อย่างไร แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการช่วยตัดสินใจคือ การสร้างการกระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) สังเกตว่าเราใช้เลขรหัสลับส่วนตัว (PIN) ในการทำธุรกรรมทางการเงิน เราใช้รหัสผ่าน (password) ในการเข้าใช้งานคอมพิวเตอร์ แม้ว่าขณะนี้จะมีเทคโนโลยีใหม่ทางด้านกำหนดลักษณะบุคคลทางชีวมิติ (biometric personal identification) ที่น่าเชื่อถือ เช่น การวิเคราะห์ลายนิ้วมือ (fingerprint analysis) หรือการตรวจสอบม่านตา (iris scan) ก็ตาม เทคโนโลยีเหล่านี้ยังคงอาศัยความร่วมมือจากบุคคลซึ่งอาจจะไม่สะดวกในการนำไปใช้ด้านสังคมและความมั่นคงของชาติ เช่น การสืบค้นบุคคลต้องสงสัย เป็นต้นในอีกทางหนึ่ง การเรียนรู้ของเครื่องรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญและถูกนำไปใช้ในหลากหลายคือ การจำแนกภาพ (image classification) กล่าวคือ หน่วยงานราชการใช้การจำแนกภาพในด้านความปลอดภัยและความมั่นคงของชาติ เช่น การบันทึกข้อมูลอาชญากรรม การตรวจคนเข้าเมือง การสืบหาบุคคลต้องสงสัย เป็นต้น ในอีกด้านหนึ่ง องค์กรเอกชน อาทิเช่น Facebook ใช้การจำแนกภาพในการระบุ (tag) บุคคลในรูปภาพ Google ใช้การรู้จำหน้าซึ่งเป็นหัวข้อย่อยของการจำแนกภาพในการระบุบุคคล สิ่งของ และสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ (user) และบริษัทผู้ผลิตสมาร์ทโฟนใช้การรู้จำหน้าในการปลดล็อกหน้าจอสมาร์ทโฟน เป็นต้น

ส่งผลให้การเรียนรู้ของเครื่องเกี่ยวกับการจำแนกภาพจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะการจำแนกภาพเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การวิเคราะห์ภาพหน้าของบุคคล หรือภาพของวัตถุ ซึ่งไม่จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากบุคคลนั้น ๆ นอกจากนี้ยังมีการนำการจำแนกภาพไปใช้ในหลากหลายแขนง อาทิเช่น การบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ การจำแนกคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้เราจะให้ความสนใจกับการเรียนรู้ของเครื่องที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในประเทศไทย โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่มาก ๆ กล่าวคือ กำหนดให้ $(\mathrm{x}_1, \mathrm{y}_1), (\mathrm{x}_2, \mathrm{y}_2), \dots, (\mathrm{x}_\mathrm{m}, \mathrm{y}_\mathrm{m})$ เป็นข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มกำกับไว้ นั่นคือ ภาพสีเป็นสมาชิกของเซต $\{0,1,2, \dots ,255\}^{MxN} \times \{+1, -1\}$ โดยที่ สำหรับแต่ละดัชนี $i = 1,2, \dots, m, xi$ เป็นภาพสีขนาด $M \times N =: n$ พิกเซล และค่าคงตัว y_i เป็นกลุ่มกำกับของแต่ละภาพสี i จากข้อมูลเหล่านี้เราสามารถสร้างตัวจำแนก (classifier) โดยการกำหนดฟังก์ชันทำนาย (prediction function) h และวัดประสิทธิภาพของตัวจำแนกโดยการนับจำนวนครั้งที่ฟังก์ชันทำนาย $h(x_i)$ ให้ค่าตรงกับการกลุ่มกำกับ y_i โดยฟังก์ชันทำนายมักอยู่ในรูป $h(x; a; r) = x^T a + r$ ซึ่งเป็นตัวจำแนกเชิงเส้นที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ a และค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ r ในช่วงต้นของการพัฒนาตัวจำแนกเราวัดประสิทธิภาพของตัวจำแนกโดยใช้การนับเครื่องหมายของฟังก์ชัน $h(x; a; r)$ ซึ่งเป็นบวกหรือลบที่ตรงกับกลุ่มกำกับ +1 หรือ -1 มากน้อยเพียงใด สังเกตว่าวิธีการดังกล่าวนี้ง่ายต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตามหากมีข้อมูลขนาดใหญ่มาก ๆ จะส่งผลต่อการสร้างตัวจำแนกได้ยากเนื่องจากการวัดดังกล่าวไม่มีความต่อเนื่อง และแนวทางหนึ่งที่มีการพัฒนาขึ้นคือการสร้างฟังก์ชันการสูญเสีย (loss function) $l(h;\ y)$ ที่มีความต่อเนื่องแทนที่การนับเครื่องหมายเช่นในอดีต และสร้างตัวจำแนกโดยการหาผลเฉลยของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด (optimization problem) ที่เกี่ยวข้องกับผลรวมของฟังก์ชันการสูญเสีย นั่นคือ

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} l(h(x_i; a; r), y_i) \\ &\text{subject to} && (a, r) \in \mathbb{R}^{n+1} \end{aligned}$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปทั่วไปได้เป็น

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && \sum_{i=1}^{m} f_i(x) \\ &\text{subject to} && x \in \mathbb{R}^n \end{aligned}$$

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

การทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศในทางด้านแบบจำลองอนุกรมเวลาเพื่อ การพยากรณ์มลพิษอากาศ และการพยากรณ์ฝน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญของ การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด เพื่อศึกษา พัฒนา และประยุกต์ใช้ได้จริงกับเหตุการณ์ในปัจจุบันและอนาคตให้เป็นผลประโยชน์ในการวางแผนจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ในอนาคตได้ ซึ่งจะทำการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ที่สามารถพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ในประเทศไทยยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่สร้างและพัฒนาแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ที่สามารถพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) มาใช้ในการพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) มีเพียงการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมทั่ว ๆ ไป (Artificial Neural Network) หรือเป็นการพยากรณ์เดี่ยวในการพยากรณ์ค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) ดังนี้

ทรงพลและนุวีย์ (2563) ศึกษาข้อมูลปริมาณฝุ่น PM2.5 รายชั่วโมง โดยใช้ข้อมูล 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 ข้อมูลอนุกรมเวลา จากสถานีวัดคุณภาพอากาศ 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) เกณฑ์ในการพิจารณาว่าวิธีใดเป็นวิธีที่เหมาะสม ใช้เกณฑ์ Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ในงานวิจัยชิ้นนี้วิธีประมาณค่าข้อมูลสูญหายด้วยวิธี Forward Filling ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เซตของค่า hyperparameters ที่เหมือนกัน พบว่าวิธี CNN-LSTM เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่นำมาศึกษาเนื่องจากให้ค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่น้อยกว่า วิธี CNN

ตระวรรณและนพภาพร (2556) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยศึกษาในพื้นที่ริมถนนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษรายชั่วโมง ตั้งแต่ปี 2545 – 2554 จาก 3 สถานี ได้แก่ การเคหะดินแดง สถานีไฟฟ้า ย่อยธนบุรี และสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ ได้แก่ สหสัมพันธ์เพียร์สัน การถดถอยเชิงเส้น และการถดถอย

พหุคูณ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ อุณหภมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน และความเข้มแสง ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิส่งผลต่อปริมาณฝุ่นมากที่สุด อีกทั้งความเข้มข้นของฝุ่ นละอองขนาดเล็ก ขึ้นกับขีดความสามารถของ บรรยากาศในการแพร่กระจายมากที่สุด โดยประกอบด้วยความเร็วลมที่ต่ำ อากาศเย็นและเสถียร และแสงแดด ไม่จัดมาก และข้อสรุปอีกประการหนึ่งก็คือ ฝนไม่มีผลมากนักต่อความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็ก

ขจรศักดิ์ และเพชร**(2550)** ทำการการสำรวจปริมาณฝุ่น (PM10)ในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน โดยเลือกใช้สถานีที่เก็บข้อมูลจำนวน 4 สถานีภายในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ โรงพยาบาลเทศบาลฯ ตลาดวโรรส, หน้าที่ว่าการอำเภอสารภี, โรงเรียนยุพราช และชุมชนไก่แก้ว อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ซึ่งทั้ง 4 สถานีล้วนแล้วแต่เป็นเขตชุมชน โรงเรียน สถานที่ราชการที่มีการจราจรหนาแน่น นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ทัศนวิสัย ความยาวนานของแสงแดด ความเร็วและทิสทางลม 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 บริเวณภาคเหลือ 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 ด้วยวิธีทางสถิติ ได้แก่ 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

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าส่วนใหญ่นักวิจัยยังใช้วิธีการพยากรณ์เดี่ยว ในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะรวมวิธีการพยากรณ์เดี่ยวเข้าด้วยกัน โดยใช้เทคนิค Deep learning เรียกว่า ตัวแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Networks) ในการศึกษา พัฒนาและประยุกต์ใช้ได้จริงกับข้อมูลปริมาณฝุ่น 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) (วันที่สืบค้น 2 กรกฎาคม 2566)

ขจรศักดิ์ โสภาจารีย์ และ เพชร เพ็งชัย. 2550. การสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. เข้าถึงได้จาก: CMUL (วันที่ สืบค้น 4 สิงหาคม 2566)

ตระวรรณ หาญกิจรุ่ง และ นพภาพร พานิช. 2556. อิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและการจราจรต่อปริมาณฝุ่น ละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10. 2543-2550.

ทรงพล เกริกกิดาการ และ นุวีย์ วิวัฒนวัฒนา. 2563. แบบจำลองการพยากรณ์ค่าความเข้มข้น PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมงจากภาพถ่าย 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 PM2. 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 PM2. 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 PM 10 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 PM2. 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 PM 10 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. PM2. 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., Stratoulias, D., Kim, H.C. and Yoon, J.H., 2023. Estimation of surface Pm2. 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 PM2. 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, PM 10 & 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. 1419–1431.

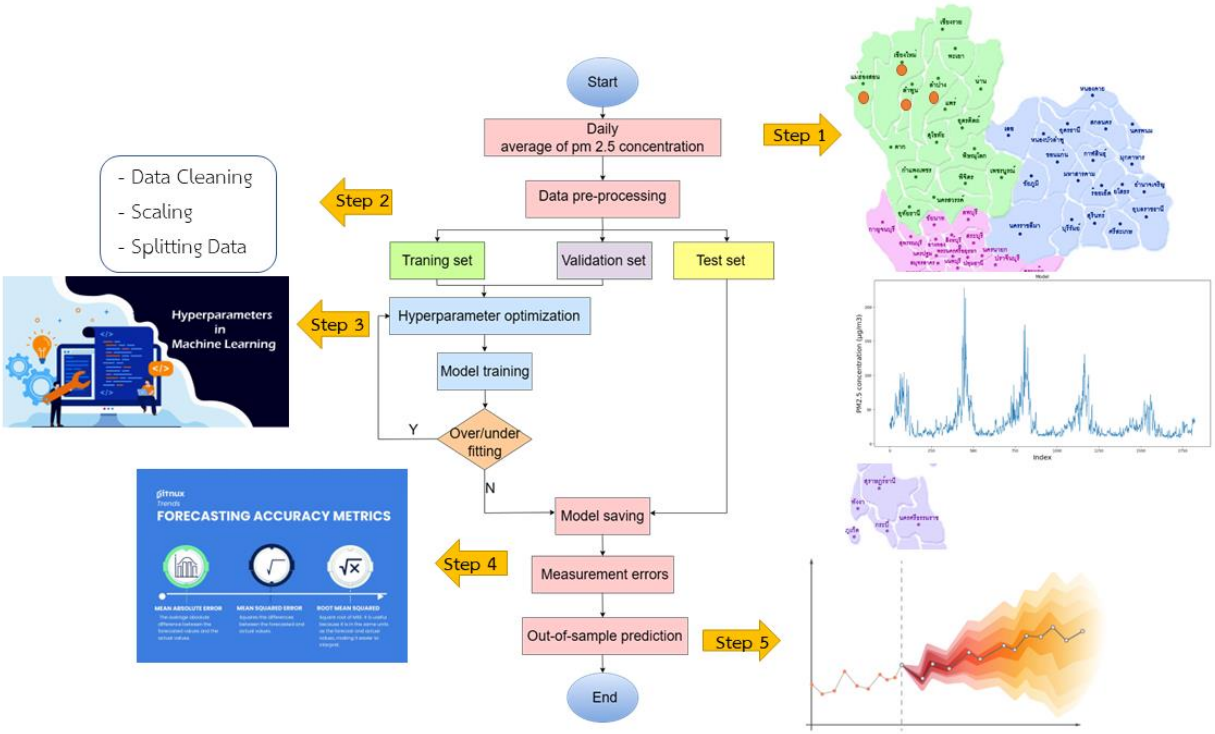
3. วัตถุประสงค์ (ระบุเป็นข้อ)

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)

4. กรอบการวิจัย/พัฒนา

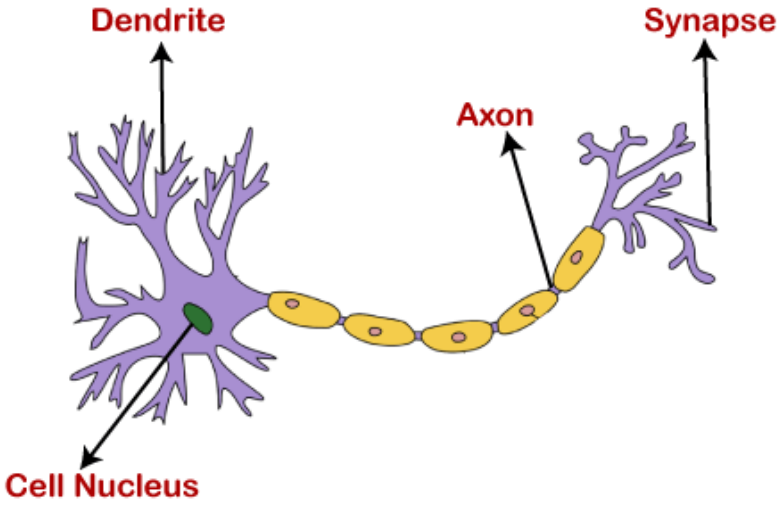
กรอบการวิจัยในโครงการวิจัย



รูปที่ 6 กรอบการวิจัย/พัฒนา

5. แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย (ไม่เกิน 3000 คำ)

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



รูปที่ 7 แบบจำลองข่ายประสาทในสมองมนุษย์

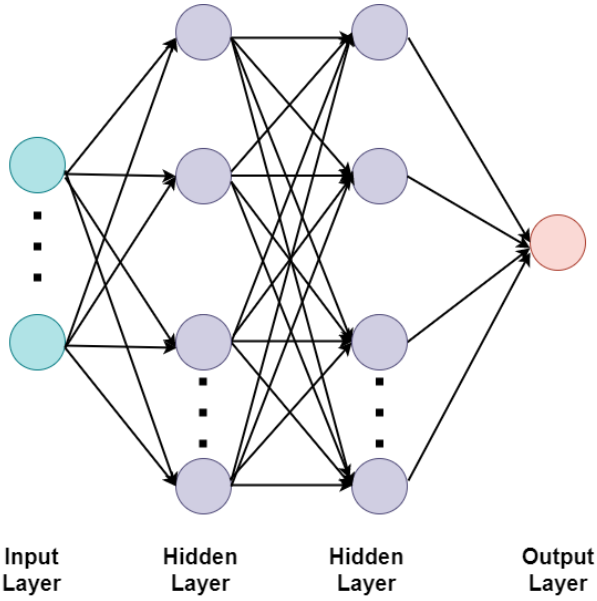
ที่มา : Artificial Neural Networks – Javatpoint

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นหนึ่งในเทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคอนเนคชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายระบบประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neurons) และจุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า เดนไดรท์ (Dendrite) ซึ่งเป็น input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอคซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์เซลล์เหล่านี้ท างานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอก หรือ กระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกันกระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรท์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินว่า จะต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอคซอน

5.1 โครงสร้างและการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

หลักการสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียมคือ การพยายามสร้างโครงสร้างลอกเลียนการทำงานของเซลล์ประสาทในสมอง ซึ่งเหมือนกับสมองในแง่ที่ว่าเป็นการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อยๆ จนเกิดการเชื่อมโยงทำให้เกิดสติปัญญา เมื่อพิจารณาแล้วโครงข่ายของสมองมนุษย์นั้น มีขนาดใหญ่กว่า รวมทั้งยังมีความ

ซับซ้อนกว่าหน่วยย่อยของโครงข่ายประสาทเทียมมาก อย่างไรก็ตามหน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ยังคงสามารถถูกจำลองขึ้นได้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม



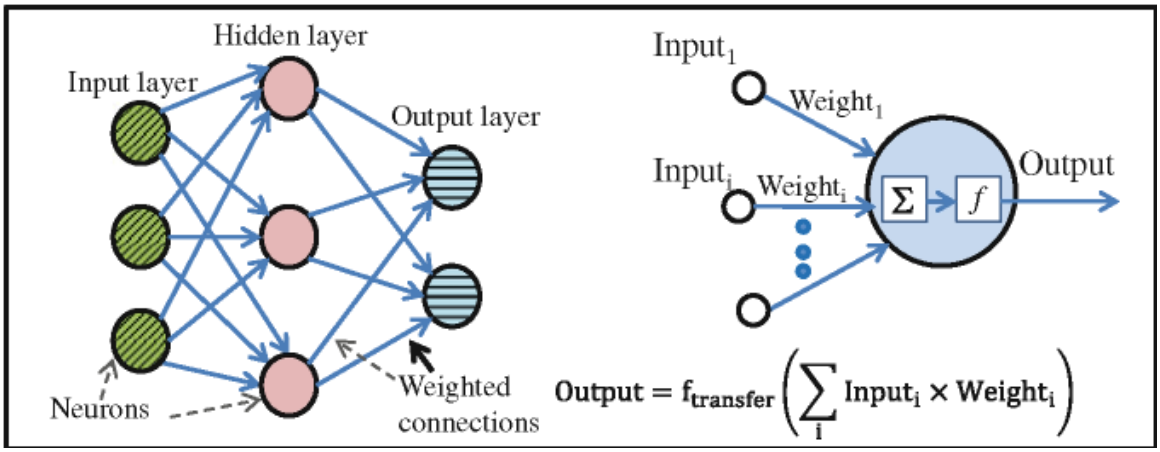
รูปที่ 8 โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียม (Manlika,2022)

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

หลักการทำงานคือเมื่อมีข้อมูลนำเข้า (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 จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (network weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่

ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป



รูปที่ 9 แบบจำลองโครงข่ายประสาท

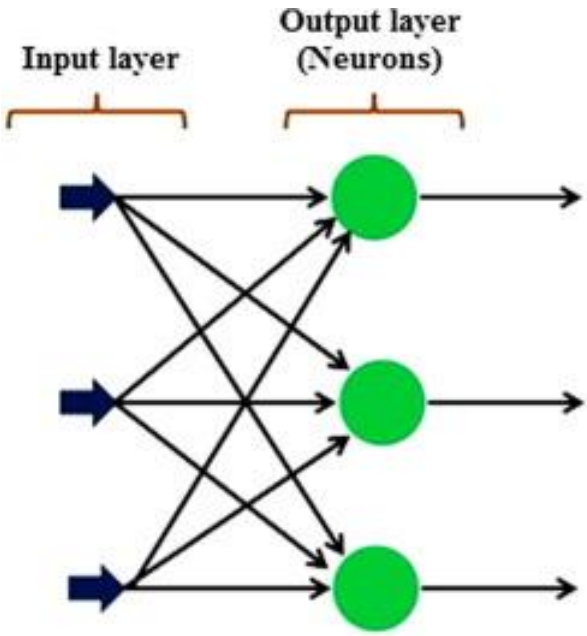
ที่มา : Artificial Neural Networks (ANN) (ebrary.net)

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 สามารถจำแนก สถาปัตยกรรมของชั้น (layer) ออกเป็น 2 ประเภทคือ Single-layer และ Multi-layer

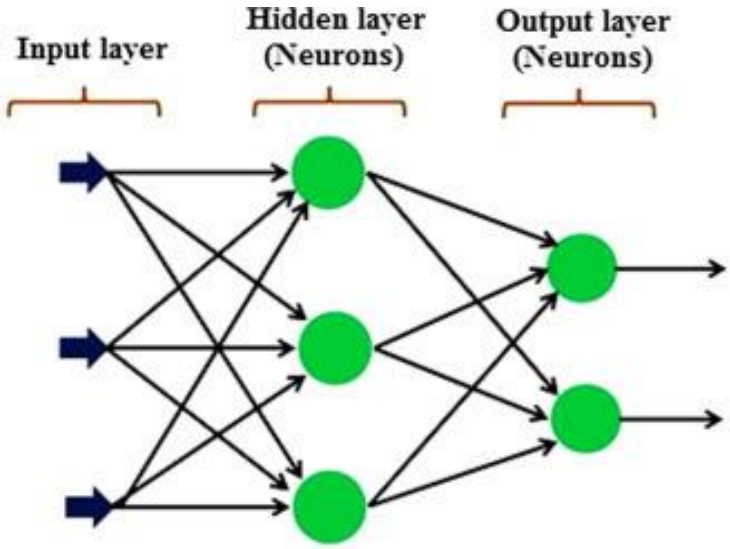
-Single-layer perceptron เครือข่ายใยประสาทที่ประกอบด้วยชั้นเพียงชั้นเดียว

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 เครือข่ายใยประสาทจะประกอบด้วยหลายชั้นโดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนด (nodes) หรือเปรียบได้กับตัวเซลล์ประสาท (neurons) ค่าน้ำหนักของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น, ค่า bias และค่า output



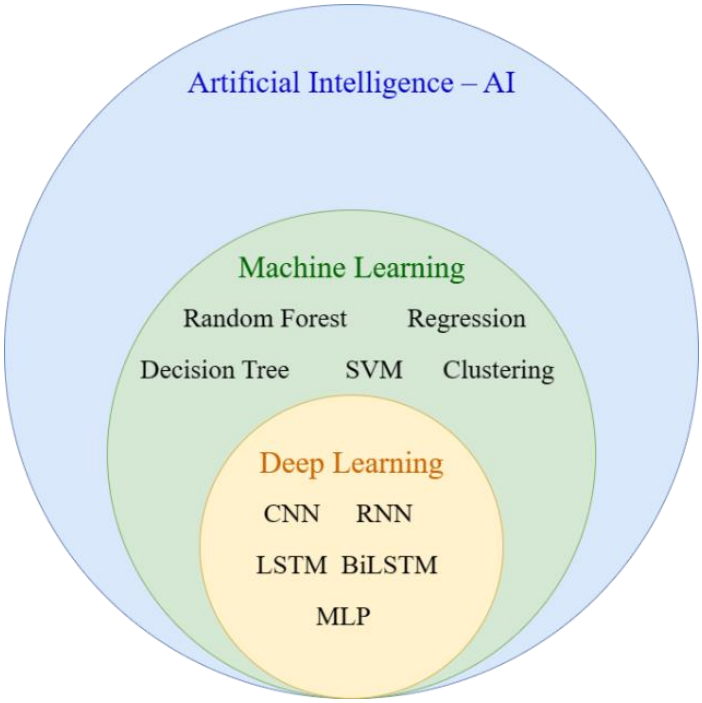
รูปที่ 11 Multi-layer perceptron (Turkson et al., 2016)

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

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

Machine Learning คือการรับข้อมูลจำนวนมหาศาล เพื่อจดจำความแตกต่างหรือลักษณะเด่นและทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม เช่น หากมีปีกก็แยกไปกลุ่มนก ไม่มีปีกแต่มีสี่ขาก็แยกไปกลุ่มสุนัข ตามจุดเด่นที่เห็นได้ชัดเป็นต้น ยิ่งเรียนรู้มากก็จะยิ่งแยกแยะจุดเด่นดังกล่าวได้ดีขึ้น

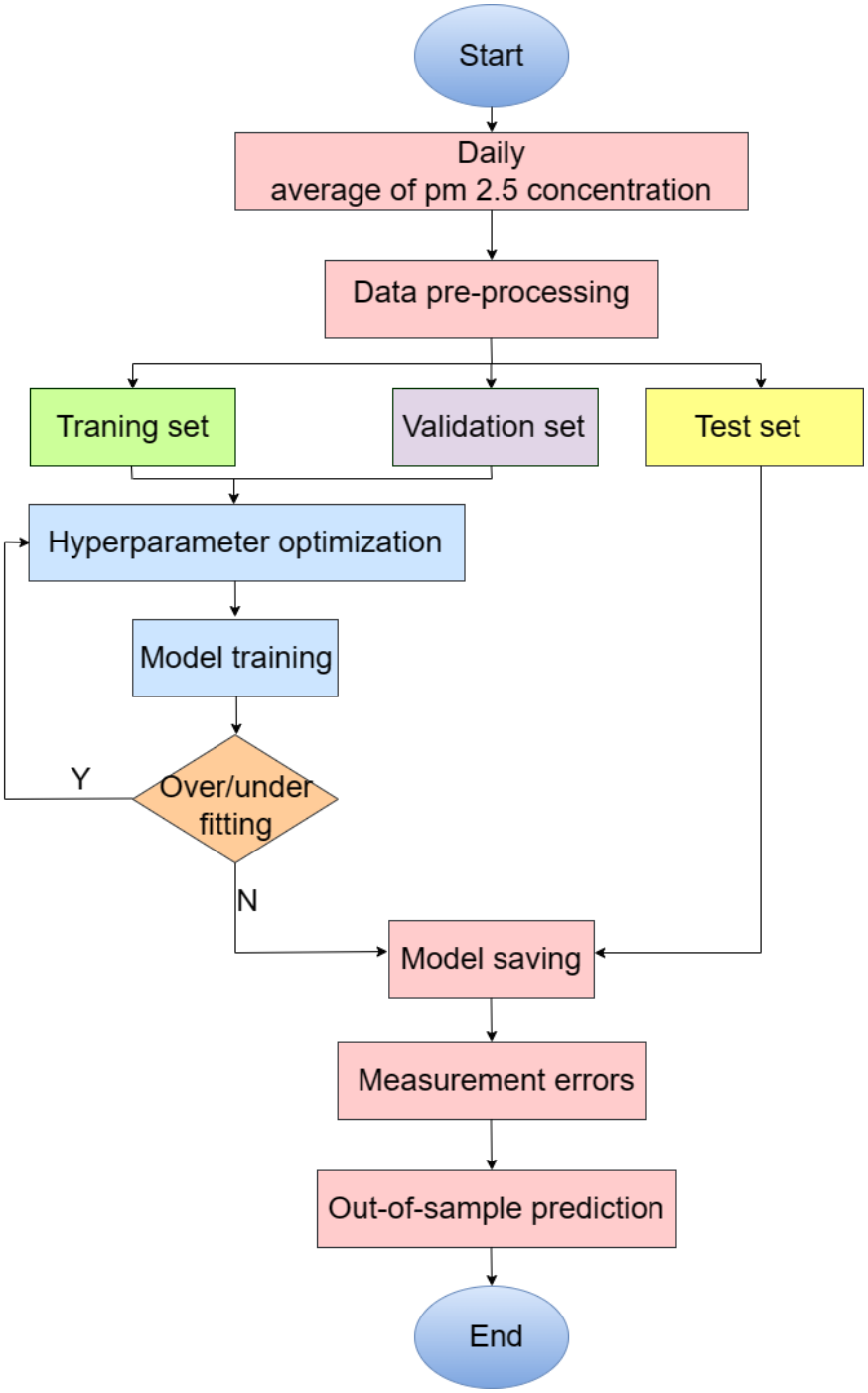
Deep Learning หรือการเรียนรู้เชิงลึก เป็นหนึ่งในฟังก์ชันของปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่เรียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ในกระบวนการประมวลผลข้อมูลและเป็นการสร้างรูปแบบ สำหรับใช้ในการตัดสินใจ นอกจากนี้ Deep Learning ยังเป็นเซตย่อนของ Machine Learning ใน Artificial Intelligence (AI) เป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพของการเรียนรู้ที่ไม่มีผู้สอน หรือ Unsupervised Learning จากข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้างและแบบที่ไม่กำกับข้อมูล ทั่งนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Deep Neural Learning และ Deep Neural Network



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

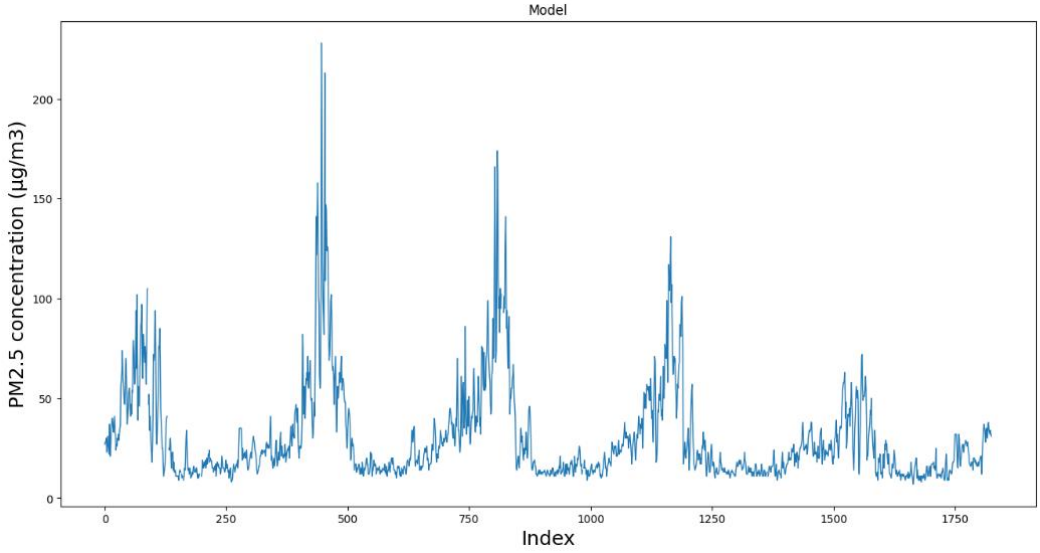
6. ระเบียบวิธีวิจัยและวิธีการดำเนินการวิจัย

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 (ทั้งนี้จำนวนข้อมูลอาจมีการเพิ่มขึ้นหากทางฐานข้อมูลของกรมมลพิษมีการอัพเดทข้อมูล) แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 อนุกรมเวลาของปริมาณ PM2.5 ณ จุดวัดศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่

ขั้นตอนที่สอง

ทำการตรวจสอบว่ามีข้อมูลสูญหายหรือไม่ หากมีต้องทำการประมาณค่าข้อมูลสูญหายก่อน แล้วจึงทำการปรับข้อมูลให้อยู่ในช่วง (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 ข้อมูลก่อนที่จะนำเอา Hyperparameters ของแต่ละตัวแบบ ML ไปประยุกต์ใช้ จะมีการตรวจสอบปัญหา

overfitting/underfitting ก่อนเสมอ ส่วน Validation Set ใช้สำหรับทดสอบหาค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์หลังจากวิธี ML เรียนรู้เสร็จว่าโมเดลทำงานได้ดีแค่ไหน เพื่อและหลังจากจูนแต่ละครั้งโมเดลไหนทำงานได้ดีกว่ากัน 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 ต่อจากการวิเคราะห์เชิงสถิติของแบบจำลองงานวิจัยนี้ได้ทำการหาดรรชนีมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) เพิ่มเติม เพื่อที่เป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีค่าให้กับรัฐบาลและผู้ที่สนใจในขั้นตอนต่อไป

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

ส่วนที่ 3 แผนการทำงาน

1. แผนการดำเนินงานวิจัย (แสดงแผนการดำเนินงานรายกิจกรรมและระยะเวลาที่ใช้ ในปีงบประมาณ 2568)

ลำดับที่	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
1	ทำการจัดเก็บข้อมูล PM 2.5จากกรมควบคุมมลพิษ พร้อมทั้งจัดการข้อมูลให้พร้อมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับวิธี ML	x	x											10
2	ศึกษาตัวแบบจำลองแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	x	x	x	x	x								30
3	ทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)				x	x	x	x	x	x	x			30
4	ตีพิมพ์งานวิจัยในการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)									x	x	x	x	10

ลำดับที่	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ร้อยละของกิจกรรมในปีงบประมาณ
5	จัดอบรมการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ด้วย Hybrid Artificial Neural Network											x	x	10
6	จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10
	รวม	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**100**

2. พื้นที่ทำวิจัย : โปรดระบุสถานที่ทำวิจัยจำแนกตามโครงการวิจัยโดยใช้ฐานข้อมูลจากระบบ และเพิ่มเติมชื่อเฉพาะ เช่น ชุมชน หมู่บ้าน

ในประเทศ/ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	เชียงใหม่	สาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยโจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ในประเทศ	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

3. พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์จากการวิจัย

ในประเทศ/ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	เชียงใหม่	สาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยโจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ในประเทศ	กรุงเทพมหานคร	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
ในประเทศ	จังหวัดภาคเหนือตอนบน	เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน

4. แผนการใช้จ่ายงบประมาณของโครงการวิจัย

4.1 แสดงรายละเอียดประมาณการงบประมาณตลอดโครงการ (กรณีของบประมาณเป็นโครงการต่อเนื่องระยะเวลาดำเนินการวิจัยมากกว่า 1 ปี ให้แสดงงบประมาณตลอดแผนการดำเนินงาน) โดยแบ่งเป็นหมวดต่าง ๆ ดังนี้

ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	งบประมาณ (บาท)	งบประมาณปีที่ (เป็นงบประมาณของปีงบประมาณ)
งบดำเนินการ : ค่าตอบแทน	-ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย คุณวุฒิปริญญาตรี จำนวน 1 คน x15,000 บาท x 3 เดือน =45,000 บาท	45,000	2568
งบดำเนินการ : ค่าใช้สอย	1. ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจประเมินรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ 3 ท่าน ๆ ละ 1,500 บาท = 4,500 บาท 2. ค่าจ้างเหมาจัดทำเว็บไซต์สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาของมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบนประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) สำหรับการ	351,000	2568

	เปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบนประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ล่วงหน้าระยะยาว ตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) 14,740 บาท/เว็บไซต์ 3. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลตรวจวัดปริมาณข้อมูลค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 4. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลตรวจวัดปริมาณฝน จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท		

	5. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบรายกริด จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 6. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 7. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความเร็วลม (u-wind, v-wind) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 8. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูล		

	ความสูง (Geopotential height) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 9. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความชื้น (Relative humidity) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 10. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความกดอากาศผิวพื้น (Surface pressure) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 11. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูล		

	อุณหภูมิผิวพื้น (Surface temperature) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และ แม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 12. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวพื้น (Surface relative humidity) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และ แม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท 13. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูลความเร็วลมที่ผิวพื้น (Surface wind) จากองค์กร NOAA ในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และ แม่ฮ่องสอน ทั้งหมด 20,000 บาท 14. ค่าจ้างเหมาในการเตรียมข้อมูล		

	ozone (O3) จาก องค์กร NOAA ใน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และ แม่ฮ่องสอน ตั้งแต่ปี 2523 ถึงปี 2567 ทั้งหมด 20,000 บาท -การจัดประชุม/ workshop/ conference/ ถ่ายทอดองค์ความรู้ ภายในประเทศ 1 ครั้ง มีรายละเอียด ดังนี้ จำนวนผู้เข้าร่วม 54 คน ได้แก่ - ผู้วิจัย 1 คน - วิทยากร 3 คน - นักศึกษา นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชนและผู้ที่ สนใจ จำนวน 50 คน ดำเนินการ 2 วัน งบประมาณในการ จัดกิจกรรม มี รายละเอียดดังนี้ 15 ค่าตอบแทน วิทยากร บรรยาย รายละ 6 ชั่วโมง จำนวน 3 คน อัตรา 1,000 บาท/ชั่วโมง x		

	6 ชั่วโมง = 6,000 บาท/คน คิดเป็น 18,000 บาท 16. ค่าอาหารกลางวัน จำนวน 54 คน อัตรา 120 บาท/คน x 2 มื้อ = 240 บาท/คน คิดเป็น 12,960 บาท 17. ค่าอาหารว่างเช้า/บ่าย จำนวน 54 คนอัตรา 50 บาท/คน x 4 ครั้ง = 200 บาท/คน คิดเป็น 10,800 บาท 18. ค่าตีพิมพ์บทความวิจัย (Page charge) ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Q1 หรือ Q2 จำนวน 1 เรื่อง ๆ ละ 50,000 บาท		
ค่าสาธารณูปโภค	- ค่าน้ำ - ค่าไฟ	4,000	2568
รวม		**400,000**	

หมายเหตุ (อ้างอิง: การตั้งงบประมาณให้เป็นไปตาม ประกาศ กสว. เรื่อง หลักเกณฑ์การจัดทำคำของบประมาณและการจัดสรรงบประมาณของหน่วยงานในระบบวิจัยและนวัตกรรม)

4.2 รายละเอียดการจัดซื้อครุภัณฑ์ : กรณีมีความต้องการซื้อครุภัณฑ์ให้ใส่รายละเอียด ดังนี้

ชื่อครุภัณฑ์	**ครุภัณฑ์ที่ขอสนับสนุน**		

	รายละเอียดครุภัณฑ์	ครุภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย (ถ้ามี)	สถานภาพการใช้งาน ณ ปัจจุบัน	เหตุผลและความจำเป็นต่อโครงการ	การใช้ประโยชน์ของครุภัณฑ์นี้เมื่อโครงการสิ้นสุด

- แนบใบเสนอราคาจาก 3 บริษัทประกอบมาด้วย

5. มาตรฐานการวิจัย

☐ มีการใช้สัตว์ทดลอง

☐ มีการวิจัยในมนุษย์

☐ มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่

☐ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี

6. หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ลำดับที่	ปีงบประมาณ	ชื่อหน่วยงานรัฐ/บริษัท/หน่วยงานต่างประเทศ	แนวทางร่วมดำเนินการ	การร่วมลงทุนในรูปแบบตัวเงิน (in-cash) (บาท)	การร่วมลงทุนในรูปแบบอื่น (in-kind)	รวม
1						
2						

7. ระดับความพร้อมที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ถ้ามี)*

7.1 ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)*

1) TRL ณ ปัจจุบัน ระดับ 3

รายละเอียด แนวทางการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)

2) TRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ 6

รายละเอียด มีเครื่องมือต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ณ ช่วงเวลา ตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5 ปีล่วงหน้า)

7.2 ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)*

1) SRL ณ ปัจจุบัน ระดับ 3

รายละเอียด มีแนวทางการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) จากองค์ความรู้จากหลายสหสาขา

2) SRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ 6

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) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคต

8. แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

8.1 การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย

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

8.2 การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Stakeholder and User Engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

-

ประสบการณ์การบริหารงานของหัวหน้าโครงการ ในการบริหารโครงการย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี
(กรอกไม่เกิน 5 ลำดับโดยเน้นโครงการที่เกิดผลกระทบสูง)

-

ประวัติหัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ราชกิจ สังกัดสาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ : ทำวิจัยตลอดทั้งโครงการวิจัย
ประวัติการศึกษา :
1. ปริญญาเอก : Doctor of Philosophy (Mathematics and Statistics)
สถาบันการศึกษา : Curtin University, Australia
2. ปริญญาโท : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)
สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ปริญญาตรี : วิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์)

สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลงานวิจัย/ประสบการณ์ที่สอดคล้องกับงานวิจัยที่จะขอรับการสนับสนุน

Ratchagit, M., Xu, H.
A Two-Delay Combination Model for Stock Price Prediction
(2022) Mathematics, 10 (19), art. no. 3447, .
PUBLISHER: MDPI
DOCUMENT TYPE: Article
SOURCE: Scopus

Ratchagit, M., Xu, H.
Parameter Identification of Stochastic Delay Differential Equations Using Differential Evolution
(2022) ITC-CSCC 2022 - 37th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp. 804-806.
PUBLISHER: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
DOCUMENT TYPE: Conference Paper
SOURCE: Scopus

Ratchagit, M., Wiwatanapataphee, B., Nur, D.
On Parameter Estimation of Stochastic Delay Difference Equation using the Two -delay Autoregressive Coefficients
(2020) 2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2020, art. no. 9315414, pp. 310-314.
PUBLISHER: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
DOCUMENT TYPE: Conference Paper
SOURCE: Scopus

Ratchagit, M., Wiwatanapataphee, B., Dokuchaev, N.
The m-delay Autoregressive Model with Application

(2020) CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences, 122 (2), pp. 487-504.
PUBLISHER: Tech Science Press
DOCUMENT TYPE: Article
SOURCE: Scopus

<u>ส่วนที่ 4 ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ</u>

1. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

✓ ด้านวิชาการ

ระบุคำอธิบาย 1. ได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ระดับ ควอไทล์ Q1หรือ Q2 จำนวน 1 ฉบับ

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

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

4. ได้ต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ที่ถือเป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนที่เกิดจากการนำเข้าโปรแกรมจากต่างประเทศ

ผู้ได้รับผลประโยชน์ ประชาชน นิสิต นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และสาขาที่เกี่ยวข้องจากโมเดล เป็นต้น

✓ ด้านสังคม

✓ ด้านสาธารณะ ✓ ด้านชุมชนและพื้นที่ ✓ ด้านสิ่งแวดล้อม

ระบุคำอธิบาย ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อสังคมเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ได้ในอนาคต

ผู้ได้รับผลประโยชน์ ประชาชน นิสิต นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และสาขาที่เกี่ยวข้องจากโมเดล เป็นต้น

✓ ด้านนโยบาย

ระบุคำอธิบาย ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อโยบายทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชน ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไป พร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)และการป้องกันการเกิดมลพิษ

อากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย ได้ในอนาคต

ผู้ได้รับผลประโยชน์ ประชาชน นิสิต นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และสาขาที่เกี่ยวข้องจากโมเดล เป็นต้น

✓ ด้านเศรษฐกิจ

ระบุคำอธิบาย ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชน ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน)และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยได้ในอนาคต

ผู้ได้รับผลประโยชน์ ประชาชน นิสิต นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และ สาขาที่เกี่ยวข้องจากโมเดล เป็นต้น

2. ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ (Output)

ผลผลิต	ประเภทผลผลิต	รายละเอียดของผลผลิต	จำนวนนำส่ง	หน่วยนับ
ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript)	ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ระดับควอไทล์ Q1 หรือ Q2	1	ฉบับ
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย	ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่หรือนวัตกรรมทางสังคม	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	1	ตัวแบบจำลอง
ต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ	ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาท	1	โปรแกรม

ผลผลิต	ประเภทผลผลิต	รายละเอียดของผลผลิต	จำนวนนำส่ง	หน่วยนับ
(PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	หรือนวัตกรรมทางสังคม	เทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี)		
บุคลากรที่มีทักษะพื้นฐานด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ หรือการพัฒนาต่อยอด เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้	กำลังคน หรือหน่วยงาน ที่ได้รับการพัฒนาทักษะ	นักศึกษา นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชนและผู้ที่สนใจ	51	คน

3. ผลลัพธ์ (Expected Outcomes) ที่คาดว่าเกิดขึ้น

ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ทำ dropdown list ให้เลือก)	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดของผลลัพธ์	ผู้ใช้ประโยชน์ (Users)/ ผู้ได้รับผลประโยชน์ (Beneficiaries)
ผลงานตีพิมพ์ (Publications)	1	ฉบับ	ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ระดับ ควอไทล์ Q1 หรือ Q2	อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา นิสิต นักวิจัยเกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้สนใจในสาขาที่ทำวิจัย
การอ้างอิง (Citations)	50	ครั้ง	ได้ถูกการอ้างอิง (Citations) ในฐานข้อมูล Scopus และ ISI จำนวน 50 ครั้ง	อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา นิสิต นักวิจัยเกษตรกร ภาครัฐ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ทำ dropdown list ให้เลือก)	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดของผลลัพธ์	ผู้ใช้ประโยชน์ (Users)/ ผู้ได้รับผลประโยชน์ (Beneficiaries)
				ภาคเอกชน และผู้สนใจในสาขาที่ทำวิจัย
เครื่องมือและระเบียบวิธีการวิจัย (Research Tools and Methods)				
ฐานข้อมูลและแบบจำลองวิจัย (Research Databases and Models)	2	ฐานข้อมูล/ แบบจำลองคณิตศาสตร์	แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) ของการการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบนประเทศไทย และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้วิธีแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี)	อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา นิสิต นักวิจัยเกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้สนใจในสาขาที่ทำวิจัย
ความก้าวหน้าในวิชาชีพของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (Next Destination)				
รางวัลและการยอมรับ (Awards and Recognitions)				

ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ทำ dropdown list ให้เลือก)	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดของผลลัพธ์	ผู้ใช้ประโยชน์ (Users)/ ผู้ได้รับผลประโยชน์ (Beneficiaries)
การใช้ประโยชน์จากเครื่องมืออุปกรณ์ห้องวิจัยและโครงสร้างพื้นฐาน (Use of Facilities and Resources)				
ทรัพย์สินทางปัญญา การขึ้นทะเบียนพันธุ์ พืชและพันธุ์สัตว์และการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Intellectual property, Registered Plants Varieties and Animals Breeding and Licensing)				
การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer)	51	คน	บุคลากรที่มีทักษะพื้นฐานด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ หรือการพัฒนาต่อยอด เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้	อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา นิสิต นักวิจัยเกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้สนใจในสาขาที่ทำวิจัย
ผลิตภัณฑ์และกระบวนการบริการ และการ รับรองมาตรฐานใหม่ (New Products/Processes, New Services and New Standard Assurances)				
ทุนวิจัยต่อยอด (Further Funding)				
ความร่วมมือหรือหุ้นส่วน ความร่วมมือ				

ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ทำ dropdown list ให้เลือก)	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดของผลลัพธ์	ผู้ใช้ประโยชน์ (Users)/ ผู้ได้รับผลประโยชน์ (Beneficiaries)
(Collaborations and Partnerships)				
การผลักดันนโยบาย แนวปฏิบัติ แผนและกฎระเบียบ (Influence on Policy, Practice, Plan and Regulations)				

4. ผลกระทบ (Expected Impacts) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

✓ ด้านวิชาการ

รายละเอียดผลกระทบ 1. ได้องค์ความรู้ที่ทันสมัยอันจะสามารถนำไปเป็นกระบวนวิชาทางด้านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการหาค่าเหมาะที่สุดสำหรับกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมและการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่ทันสมัยที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความเข้มแข็งเชิงวิชาการของ อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจในสาขาที่ทำวิจัยอย่างยั่งยืน

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ที่ถือเป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนที่เกิดจากการนำเข้าโปรแกรมจากต่างประเทศ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์เพื่อสร้างรายได้และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศตามนโยบาย Thailand 4.0

3. ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ Q1 หรือ Q2 องค์ความรู้ที่ทันสมัยที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความเข้มแข็งเชิงวิชาการของอาจารย์ และเป็นการพัฒนาให้อาจารย์มีตำแหน่งวิชาการที่สูงขึ้น

✓ ด้านสังคม

O ด้านสาธารณะ ✓ ด้านชุมชนและพื้นที่ ✓ ด้านสิ่งแวดล้อม

รายละเอียดผลกระทบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชนและพื้นที่ของประเทศทั้งภาครัฐบาล/ภาคเอกชน มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์

มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ตั้งแต่ปี 2568 ถึง ปี 2572 (5ปี) บริเวณประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) เพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปางและแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในประเทศไทย และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบนประเทศไทยได้ในอนาคต

✓ ด้านนโยบาย

รายละเอียดผลกระทบ ส่วนของผลจากการวิจัยนั้นจะสามารถทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งเสริมให้ประชาชน อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา นิสิต นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐภาคเอกชน และผู้สนใจในสาขาที่ทำวิจัยนั้นสามารถส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคตไปพร้อมๆกัน หรือเป็นแนวทางป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในประเทศไทยได้ล่วงหน้า

✓ ด้านเศรษฐกิจ

รายละเอียดผลกระทบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือ ตอนบน ประเทศไทย (เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน) ได้ในอนาคต

5. แผนที่ผลลัพธ์ (Outcome Mapping) ของโครงการ

Input	Activity	Output	Outcome
1. ระยะเวลา 1 ปี งบประมาณ 400,000 บาท	1. ทำการจัดเก็บข้อมูลในเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน จำนวน 12 รายการ ดังนี้ 1.1 ข้อมูลตรวจวัดปริมาณข้อมูลค่ามลพิษอากาศ (PM2.5) 1.2 ข้อมูลตรวจวัดปริมาณฝน 1.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบรายกริด 1.4 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) 1.5 ข้อมูลความเร็วลม (u-wind, v-wind) 1.6 ข้อมูลความสูง (Geopotential height) 1.7 ข้อมูลความชื้น (Relative humidity) 1.8 ข้อมูลความกดอากาศผิวพื้น (Surface pressure) 1.9 ข้อมูลอุณหภูมิผิวพื้น (Surface temperature) 1.10 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวพื้น (Surface relative humidity) 1.11 ข้อมูลความเร็วลมที่ผิวพื้น (Surface wind) 1.12 ข้อมูล *ozone* (O3) 2. ทำการคลีนข้อมูล (Clean data) ทั้งหมดเพื่อเตรียมพร้อมในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป	1. ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ที่อยู่ระดับ ควอไทล์ Q1 หรือ Q2 จำนวน 1 ฉบับ 2. นักศึกษา นักวิจัย เกษตรกร ภาครัฐ ภาคเอกชนและผู้ที่สนใจ จำนวน 51 คน 3. ต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) 1 โปรแกรม 4. แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการประยุกต์ใช้ในสำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย 1 แบบจำลอง	1. ได้องค์ความรู้ใหม่ทางด้านแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย 2. ได้เครือข่ายวิจัยในระดับชาติและระดับนานาชาติทางด้านแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย 3. ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติที่อยู่ Q1 หรือ Q2 จำนวน 1 ฉบับ 4. ได้ถูกการอ้างอิง (Citations) ในฐานข้อมูล Scopus และ ISI จำนวน 50 ครั้ง 5. ได้ต้นแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ

	3. พัฒนาแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) สำหรับการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย 4. ทำการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย พร้อมเช็คความแม่นยำของข้อมูลเบื้องต้น 5. ตีพิมพ์งานวิจัย 6. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ 7. การจัดอบรมการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	5. การพยากรณ์มลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network)	(PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สำหรับการเปลี่ยนแปลงมลพิษอากาศ (PM2.5) ล่วงหน้าระยะยาวตั้งแต่ปี 2568 ถึงปี 2572 (5ปี) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมไฮบริด (Hybrid Artificial Neural Network) 1 โปรแกรม 6. ได้บุคลากรจำนวน 51 คน ที่มีทักษะพื้นฐานด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ หรือการพัฒนาต่อยอด เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ 7.สามารถทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งเสริมและป้องกันมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย ได้ทันท่วงทีทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาไปพร้อม ๆ กัน จะเกิดประโยชน์ต่อการบริหารจัดการมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย และการป้องกันการเกิดมลพิษอากาศ (PM2.5) ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย ได้ในอนาคต

ลงชื่อ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ราชกิจ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่...๑๐... เดือน..สิงหาคม.... พ.ศ.....๒๕๖๖....

ลงชื่อ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล)

ผู้บังคับบัญชาต้นสังกัด

วันที่...๑๐... เดือน..สิงหาคม.... พ.ศ.....๒๕๖๖....