

ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

สรินญา ศาลางาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

E-mail: Sarinya.sa@msu.ac.th

Received: Jun 6, 2022

Revised: Oct 1, 2022

Accepted: Dec 21, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในประเทศไทย ซึ่งโดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ภาคเศรษฐกิจ และภาคการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้า ด้วยเทคนิคแบบแพร่กระจายย้อนกลับ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดก๊าซ CO₂ อาทิ ปริมาณการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะ ปริมาณการใช้น้ำมัน จำนวนประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) เป็นต้น หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อออกแบบตัวแบบที่สามารถพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ได้อย่างแม่นยำ โดยการประยุกต์ใช้ 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย กำหนดให้ค่าความเชื่อมั่นที่ 95 และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB กำหนดให้สถาปัตยกรรมของโครงข่ายคือ 4-12-1 (input-hidden-output) ฟังก์ชันการถ่ายโอนคือ Positive Linear อัตราการเรียนรู้ที่ 0.02 และค่าวนซ้ำ 1000 รอบ จากผลการศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยคิดเป็น 6 เท่า พิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD) ดังนั้นวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้า ด้วยเทคนิคแบบแพร่กระจายย้อนกลับเป็นวิธีที่เหมาะสม สามารถพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, วิธีโครงข่ายประสาทเทียม, การวิเคราะห์การถดถอย, ตัวแบบพยากรณ์, การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภาคขนส่ง

Towards a predictor for CO₂ emission using regression analysis and an artificial neural network

Sarinya Sala-ngam

Faculty of Engineering, Mahasarakham University

E-mail: Sarinya.sa@msu.ac.th

Received: Jun 6, 2022

Revised: Oct 1, 2022

Accepted: Dec 21, 2022

Abstract

The purpose of this research is to demonstrate an approach for predicting carbon dioxide (CO₂) emissions in Thailand which caused from sector of industry, transportation, economic and power generation. This research focuses on applying regression analysis and an artificial neural network with the multi-layer feedforward networks trained using the back-propagation algorithm. The causes of CO₂ emissions in transport and economic sector such as increasing volume of vehicles, petroleum products consumption, CO₂ emission, Thailand population and GDP were investigated and collected in this study. In order to design the predictive model of CO₂ emissions, the data obtained were analyzed using regression analysis with 95% confidence interval. Also, an artificial neural network with neuron architecture: 4-12-1 (input-hidden-output), transfer function: positive linear, learning rate: 0.02 and 1000 Epoch training with MATLAB was used to achieve designing the accurately predicting model for CO₂ emissions. The results demonstrated that an artificial neural network has the ability to predict CO₂ emissions more efficiently and accurately than the regression analysis method with 6 times considered by the value of the mean absolute deviation (MAD). Therefore, an artificial neural network with the multi-layer, back-propagation and feedforward network is the appropriate approach for generating the predictive model of CO₂ emission.

Keywords : CO₂ emission prediction, artificial neural network, regression analysis, forecasting model, CO₂ emission in transportation sector

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังให้ความสำคัญและพยายามพัฒนาประเทศในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ ด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม เป็นต้น เพื่อให้เป็นผู้นำในภูมิภาคเอเชีย รัฐบาลจึงมีนโยบายเร่งพัฒนาทั้งเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ นอกจากนี้แล้วยังปรับเปลี่ยนสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องกฎหมาย ภาษีการลงทุน เพื่อดึงดูดบริษัทต่างชาติเข้ามาลงทุนหรือจัดตั้งโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ ทำให้เกิดการก่อสร้างตึกพาณิชย์ และโครงสร้างพื้นฐานของโลจิสติกส์ (Logistics Infrastructure) เกิดการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมและการเพิ่มขึ้นของจำนวนพาหนะ เครื่องจักร รวมถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาจากการดำเนินนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศคือ เกิดของเสียจากทรัพยากรและพลังงาน และที่สำคัญการเพิ่มขึ้นของของปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์

ก๊าซ CO₂ เป็นหนึ่งในประเภทของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน โดยก๊าซ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากถึงร้อยละ 87 (Pratum, C., 2015) ซึ่งผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่างส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมากมาย โดยเฉพาะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศ ทำให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น อุทกภัย ภัยแล้ง ไฟป่า การกัดเซาะชายฝั่ง หรือการเพิ่มขึ้นของแมลงพาหนะนำโรค เป็นต้น (Bunprom, P., Kaewdam, J.,

2011) ดังนั้นหลาย ๆ ประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญและตระหนักถึงอันตรายของภาวะโลกร้อน จะเห็นได้จากการได้จัดตั้งโครงการที่พยายามแก้ปัญหาของภาวะโลกร้อน เช่น คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ในขณะเดียวกันภาคธุรกิจ ก็ต่างนำปัญหาเหล่านี้มาเป็นหนึ่งในกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจ เนื่องจากปัญหาโลกร้อน ส่วนสาเหตุการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกิดก๊าซ CO₂ เกิดจากกิจกรรมจากภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ภาคเศรษฐกิจ และภาคการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น โดยเฉพาะภาคการขนส่งซึ่งต้องพึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงเป็นหลัก ซึ่งได้แก่ น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น และจากการศึกษาพบว่า เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันสำเร็จรูปมีส่วนการปล่อยก๊าซ CO₂ สูงที่สุดคือ ร้อยละ 39 รองลงมาคือ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์ ร้อยละ 32 และร้อยละ 29 ตามลำดับ (EPPO, 2559) และในปี พ.ศ. 2560 พบว่าภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และภาคเศรษฐกิจ อื่น ๆ มีการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้้ำมันสำเร็จรูปอยู่ที่ระดับ 1.1, 67.9, 10.7 และ 40.2 ล้านตัน ตามลำดับ (EPPO, 2560) จะเห็นว่าภาคการขนส่งมีการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้้ำมันสำเร็จรูปมากที่สุด ซึ่งก๊าซ CO₂ จะลอยขึ้นไปเหนือบรรยากาศทำให้เกิดการเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกอันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก ซึ่งโดยปกติแล้วก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในชั้นบรรยากาศจะมีปริมาณเหมาะสมที่ไม่เกินร้อยละ 1 ของบรรยากาศ และอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตจะต้องประกอบด้วยไอน้ำ (H₂O) ก๊าซ CO₂ มีเทน (CH₄)

และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) (Prertpreaw, W., 2536) แต่จากการรายงานการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของประเทศไทยจะเห็นว่าอุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสัมพันธ์กันกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ในชั้นบรรยากาศของประเทศด้วยเช่นกัน (Thai Meteorological Department, 2563) และเพื่อเตรียมการรับมือพร้อม ๆ กับการศึกษาหาแนวทางการป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยเนื่องมาจากสาเหตุของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น หลาย ๆ หน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน รวมถึงนักวิจัยต่างพยายามศึกษารูปแบบหรือตัวแบบที่สามารถพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจก อันประกอบด้วย ก๊าซ CO₂ ก๊าซ CH₄, และก๊าซ N₂O โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากการขนส่ง แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ที่สามารถพยากรณ์ก๊าซดังกล่าวได้อย่างแม่นยำเท่าที่ควร เนื่องจากยังขาดเครื่องมือและเทคโนโลยีที่สามารถช่วยประมวลผลการพยากรณ์

จากการศึกษาที่ผ่านมา มีนักวิจัยหรือนักวิชาการหลาย ๆ ท่านได้มีการนำเสนอตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถคำนวณค่าผลลัพธ์จากความสัมพันธ์ที่มากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไปได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยหรือตัวแปร นอกจากนี้แล้ววิธีโครงข่ายประสาทเทียมก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถประยุกต์ใช้เพื่อพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่จำลองการทำงานของสมองมนุษย์ โดยการ

ฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์ได้เรียนรู้ และจดจำความสัมพันธ์ของข้อมูล หลังจากนั้นทำการทดสอบการพยากรณ์กับข้อมูลหรือสถิติ และปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้ค่าพยากรณ์ได้ค่าที่แม่นยำหรือให้ค่าผิดพลาดที่น้อยที่สุด ดังกล่าวข้างต้นวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นวิธีที่นิยมในการประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบตัวแบบการพยากรณ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยและตัวแปรที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂
2. เพื่อนำเสนอแนวทางการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

การทบทวนวรรณกรรม

ยุทธพงศ์ และคณะ (Panmanee, Y., Jaiphet, C., Boonpoke, A., 2013) ได้ศึกษาเพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมการขนส่ง โดยเลือกการเดินทางของสหกรณ์ในจังหวัดแพร่ เป็นกรณีศึกษา โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระยะทาง จำนวนเที่ยว จำนวนผู้โดยสาร ตลอดจนชนิดและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของพาหนะขนส่งของกรณีศึกษา หลังจากนั้นทำการคำนวณค่า Factor การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการพิจารณากิจกรรมของการขนส่งของกรณีศึกษา ผลการวิจัยพบว่าสหกรณ์เดินทางของจังหวัดแพร่มีเส้นทางการเดินทางให้บริการทั้งหมด 8 เส้นทาง ใช้รถทั้งหมด 125 คัน และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันดีเซลทั้งหมด และจากผลการคำนวณ

ค่า Factor การปล่อยก๊าซ CO₂ พบว่าเส้นทางการเดินทางทั้งหมดของสหกรณ์ปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่า 1,488.73 ตัน

บุญจักษ์พรภร บุษย์พร้อม และจิรา แก้วดำ (Bunprom, P., Kaewdam, J., 2011) ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมสุรา เบียร์ และไวน์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกระบวนการผลิตเครื่องดื่มทั้ง 3 ประเภท โดยใช้วิธีการคำนวณค่า Emission Factor ของกระบวนการผลิตแต่ละชนิดพร้อม ๆ กับการคำนวณแนวโน้มของปริมาณการผลิตเครื่องดื่มทั้ง 3 ประเภทนี้ ผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2552 อุตสาหกรรมการผลิตสุรามีแนวโน้มในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ 10.10 ล้านตันต่อปี รองลงมาคืออุตสาหกรรมการผลิตเบียร์และไวน์

ถิรยุทธ ลิมานนท์ และคณะ (Limanond, T., Uttr, a S., Chermkhunthod, C., SriKaew, A., 2010) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและวิธีโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้แบบแพร่กลับเพื่อนำเสนอแบบจำลองที่เหมาะสมที่สามารถพยากรณ์การครอบครองยานพาหนะของครัวเรือนในประเทศไทยได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าแบบจำลองการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เท่ากับร้อยละ 3.01 ในขณะที่แบบจำลองการพยากรณ์โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (สถาปัตยกรรมแบบ 8-10-10-1) ประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB ให้ค่าความ

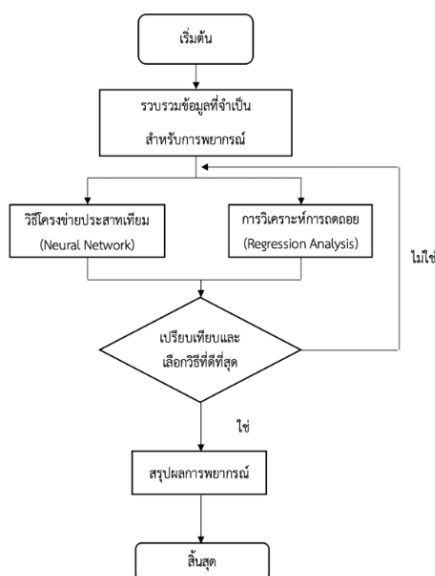
ผิดพลาด MAPE คิดเป็นร้อยละ 13.83 ดังนั้นแบบจำลองโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ สามารถพยากรณ์การครอบครองยานพาหนะได้อย่างแม่นยำกว่าแบบจำลองโดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

Wenbin Yu และคณะ (Yu, W., Zhao, F., Xu, H., Xu, M., Yang, W., Boonsiah, K., 2018) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติในห้องเผาไหม้ โดยการประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่มีอัลกอริทึมแบบย้อนกลับ (back propagation) ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 15,000 ชุด เพื่อฝึกให้คอมพิวเตอร์ได้เรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลและผล หลังจากนั้นทำการออกแบบตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Box-Behnken ผลการศึกษาผู้วิจัยสามารถพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ได้จากการป้อนข้อมูลค่า C, H และ O ด้วยตัวแบบการพยากรณ์ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบได้สำเร็จ

ระเบียบวิธีวิจัย

เพื่อเสนอแนวทางในการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO₂ โดยเฉพาะในภาคส่วนอุตสาหกรรมขนส่ง และภาคเศรษฐกิจ พบว่าปัจจัยหลัก ๆ ที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซ CO₂ ได้แก่ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ จำนวนการถือครองยานพาหนะสะสม จำนวนประชากร GDP รวมถึงปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคการขนส่งของประเทศไทย เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552 ถึง ปีพ.ศ.

2561 หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวต่อปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 Operational research algorithm for designing the predictive model of CO₂

วิธีวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีทางสถิติที่มีการประยุกต์ใช้ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ โดยเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณถูกประยุกต์โดยแพร่หลาย เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วจะมีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแปร เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์การปล่อยก๊าซ CO₂ 4 ตัวแปรด้วยกัน คือ จำนวนการถือครองยานพาหนะสะสม ปริมาณการใช้

เชื้อเพลิง GDP และจำนวนประชากร การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเป็นการหาขนาดของความสัมพันธ์และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ดังแสดงในสมการที่ (1) (สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ, 2019)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + e \quad (1)$$

โดยที่

Y คือ ตัวแปรตาม

β_i คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระลำดับที่ i (โดยที่ $i = 1, \dots, n$)

X_i คือ ตัวแปรอิสระลำดับที่ i

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

นอกจากนี้แล้วผู้วิจัยยังได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาตัวแบบจำลองในการพยากรณ์ปริมาณ CO₂ โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการเลียนแบบและพัฒนาจากการทำงานของสมองของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีปรับเปลี่ยนตัวเองต่อการตอบสนองข้อมูลที่ป้อนตามกฎของการเรียนรู้ (learning rule) หลังจากที่ได้เรียนรู้สิ่งที่ต้องการแล้ว โครงข่ายนั้นจะสามารถทำงานที่กำหนดไว้ได้ โดยองค์ประกอบของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ส่วนป้อนข้อมูล (input) ส่วนส่งกลับข้อมูล (output) ส่วนค่าน้ำหนัก (weight) ส่วนฟังก์ชันผลรวม (summation function) และส่วนฟังก์ชันการแปลง (transfer function) ดังแสดงในรูปที่ 2

ดังนั้นเพื่อประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

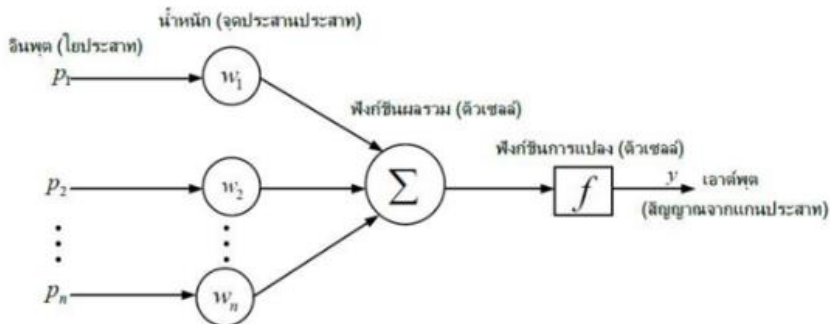
1. สถาปัตยกรรม: 4 12 1
2. ค่าวนรอบซ้ำ (Epoch): 1000
3. ฟังก์ชันการแปลง: Poslin

4. Error: 1×10^{-10}

5. Validation fails: 4

6. อัตราการปรับค่าการเรียนรู้ (mu): 0.1

7. อัตราการเรียนรู้ (Learning rate): 0.02



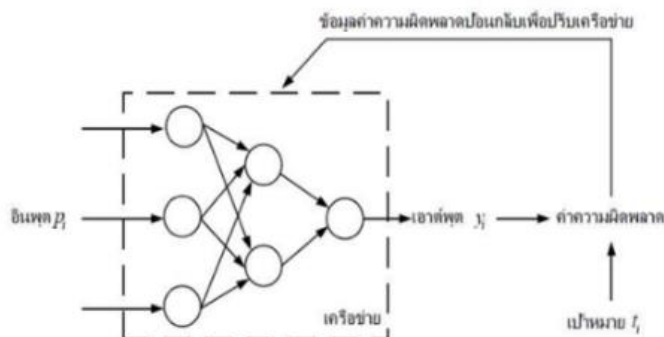
รูปที่ 2 องค์ประกอบและขั้นตอนการประมวลผลด้วยวิธี ANN

ที่มา อำภา สารศิริ, 2558

นอกจากนี้แล้ว ในการประมวลผลหาตัวแบบจำลองพยากรณ์ CO₂ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในกรณีประยุกต์ใช้วิธีดังกล่าว เนื่องจากมี Neural Network Toolbox ช่วยในการประมวลผล ทำให้สามารถสร้างตัวแบบจำลองการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงค่าเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดย MATLAB จะสั่งการคอมพิวเตอร์ผ่านโค้ดให้

คอมพิวเตอร์รู้จักคิดและจดจำจากข้อมูลที่ทำให้การป้อน หลังจากนั้นส่งกลับค่าคำตอบให้ผลที่ออกมาจะใกล้เคียงกับเป้าหมายที่สุด (รูปที่ 3)

เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่สามารถนำเสนอตัวแบบจำลองในการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ก๊าซ CO₂ จากทั้ง 2 วิธี โดยการพิจารณาจากค่า MAD ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)



รูปที่ 3 Supervisor learning algorithm

ที่มา อำภา สารศิริ, 2558

$$MAD = \frac{1}{N} \times \left(\sum_{i=1}^N |A_i - F_i| \right) \quad (2)$$

โดยที่

A_i คือ ค่าจริงในช่วงเวลา t

F_i คือ ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลา t

N คือ จำนวนข้อมูลหรือช่วงเวลาทั้งหมด

ผลการวิจัย

เพื่อสร้างตัวแบบจำลองในการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นจำนวน 25 ชุดข้อมูลดังแสดงใน

ตารางที่ 1 (EPPO, 2018) ดังที่ได้กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่าง ๆ กับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์การถดถอยที่มีอยู่ใน Microsoft Excel (กำหนดให้ค่าความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซนต์) ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำนวนยานพาหนะ การใช้เชื้อเพลิง จำนวนประชากร และ GDP (พ.ศ. 2535 - 2560)

No.	CO ₂ Emission (x10 ³ Tons)	Vehicles (คัน)	Petroleum (Million Lit.)	GDP (Million Baht)	Population (Person)
1	36,534	1,570,946	16,746	4,340,992	58,336,072
2	40,939	1,752,832	18,660	4,688,137	59,095,419
3	48,211	3,825,320	21,717	5,068,826	59,460,382
4	52,711	5,656,736	24,584	5,355,335	60,116,182
5	55,235	6,947,369	24,743	5,207,871	60,816,227
6	46,771	7,582,441	22,351	4,810,316	61,466,178
...	...	...	...	...	...
19	59,241	34,343,635	26,537	8,301,570	64,076,033
20	61,098	37,993,224	28,284	8,902,835	64,456,695
21	58,301	41,323,512	29,102	9,142,088	64,785,909
22	55,511	43,743,520	29,584	9,232,084	65,124,716
23	61,282	46,041,191	31,564	9,510,909	65,729,098
24	66,230	48,379,574	33,272	9,823,122	65,931,550
25	67,254	50,965,782	34,345	10,207,489	66,188,503

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.97275
R Square	0.94625
Adjusted R Square	0.93550
Standard Error	1855.18
Observations	25

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	1211811265	302952816.4	88.02451294	2.10553E-12
Residual	20	68833738.75	3441686.938		
Total	24	1280645004			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-40183.39008	37709.85695	-1.065593808	0.299303086	-118844.7733	38477.99312	-118844.7733	38477.99312
Vehicles (คัน)	-0.000730116	0.000245236	-2.977193717	0.007448288	-0.001241669	-0.000218562	-0.001241669	-0.000218562
Petroleum (Million Lit.)	1.609238282	0.240852068	6.681438503	1.67145E-06	1.106829672	2.111646893	1.106829672	2.111646893
GDP (Million Baht)	0.00599372	0.001975816	3.033541618	0.006560688	0.00187224	0.010115199	0.00187224	0.010115199
Population (Person)	0.00043596103	0.000596103	0.731327202	0.473061569	-0.000807503	0.001679396	-0.000807503	0.001679396

รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่า ค่าความน่าเชื่อถือ (ค่า R Square) ของสมการถดถอยนี้มีค่า 0.94 ซึ่งเป็นค่าที่ยังไม่สูงพอที่จะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำเท่าที่ควร และเมื่อพิจารณาค่าความผิดพลาด (Standard Error) มีค่าสูงถึง 1855.18 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยนี้หากนำไปพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ จะให้มีโอกาสให้ค่าพยากรณ์ที่ไม่แม่นยำเท่าที่ควร นอกจากนี้แล้วค่าเมื่อวิเคราะห์ค่า ANOVA จากตารางจะพบว่าค่า P-Value มีค่าที่ใกล้เคียงกับศูนย์มาก และค่า F มีค่าเท่ากับ 88 กล่าวคือ ตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวมีอิทธิพลต่อ ดังนั้นจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย ค่าพยากรณ์ปริมาณ CO₂ จากภาคการขนส่งสามารถพยากรณ์ได้ดังสมการ (3) และจากสมการที่ (2) ค่า MAD สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้มีค่าเท่ากับ 1314.36

$$\hat{Y} = -40183.39 - 0.00073X_1 + 1.60924X_2 + 0.0060X_3 + 0.00044X_4 \quad (3)$$

โดยที่

 $\hat{Y}$

คือ ค่าพยากรณ์ที่ได้

 X_1

คือ จำนวนการถือครองยานพาหนะสะสม (คัน)

 X_2

คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง GDP (ล้านลิตร)

 X_3

คือ ค่า GDP (ล้านบาท)

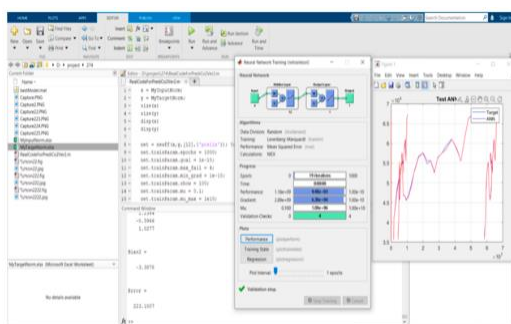
 X_4

คือ จำนวนประชากร (คน)

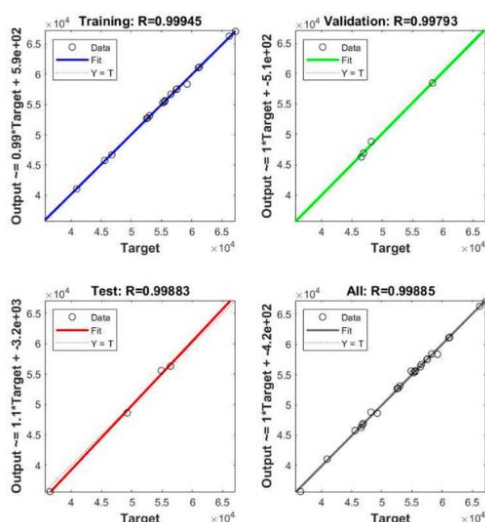
นอกจากนี้แล้ว ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ กับค่าพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่แสดงในสมการ (3) ทำให้ทราบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ค่า GDP และจำนวนประชากรจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ กล่าวคือ หากค่าตัวแปรทั้ง 3 เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่จำนวนการถือครองรถยนต์กลับเป็นตัวแปรที่ผกผันกับค่าปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂

สำหรับรูปที่ 5 แสดงผลการประมวลด้วยโปรแกรม MATLAB ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อหาตัวแบบจำลองการพยากรณ์ CO₂ ผู้วิจัยทำการป้อนข้อมูลนำเข้าทั้งหมด 25 ชุดข้อมูลของตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปร หลังจากนั้นโปรแกรม MATLAB จะทำการ

ประมวลผลอัตโนมัติ จากผลการประมวลดังกล่าว ค่า MAD ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB มีค่าเท่ากับ 223 จำนวนรอบที่วนซ้ำคือ 19 รอบ เนื่องจากโปรแกรมทดสอบความเป็นไปได้ของตัวแบบแล้วพบว่าตัวแบบนี้ให้ค่าพยากรณ์ผิดจากข้อมูล CO₂ ที่ทำการป้อนเข้าเพื่อฝึกสอนเกิน 4 ครั้ง

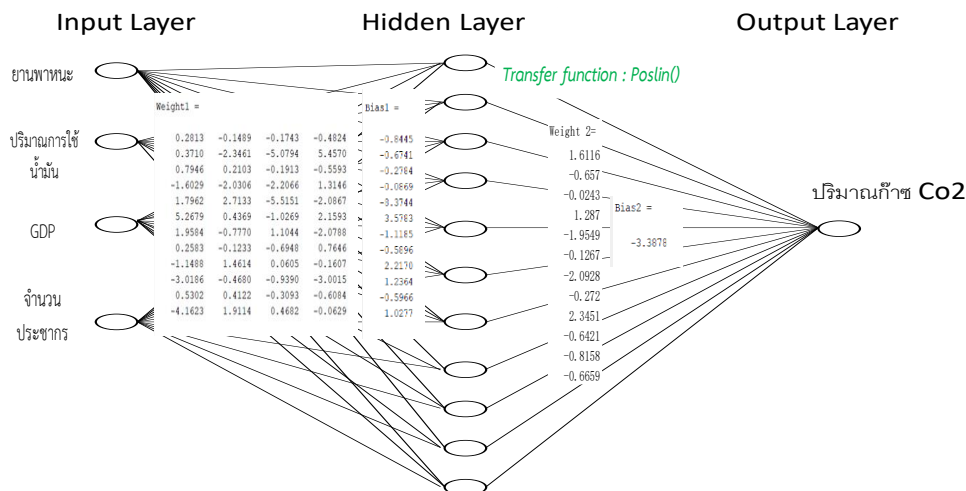


รูปที่ 5 ชุดคำสั่งและการประมวลผลด้วยวิธี ANN โดยโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 6 ผลการกราฟ Regression โดย MATLAB

รูปที่ 6 แสดงกราฟ Regression ของการประมวลผลด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม จะเห็นได้ว่าโปรแกรม MATLAB สามารถฝึกสอนให้โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลที่กำหนดให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พิจารณาจากค่า R ที่เข้าใกล้ 1) นอกจากนี้แล้วค่า R ของผลการทดสอบค่าคำตอบที่ได้จากตัวแบบจำลองการพยากรณ์กับค่าของ CO₂ ที่ทำการป้อนให้ (Target) มีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มาก ดังนั้นจากการวิเคราะห์ค่า R ในภาพรวมที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB สามารถสรุปได้ว่า ตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้แล้วค่าน้ำหนัก (weight) และค่าเอนเอียง (bias) ของแต่ละโหนดและแต่ละชั้นที่โปรแกรมได้ทำการปรับจนได้ค่าที่เหมาะสม ให้ค่าความผิดพลาดที่น้อยที่สุดแสดงใน โดยค่า Weight 1 คือ ค่าน้ำหนักจากชั้นป้อนข้อมูล (Input Layer) ไปยังชั้นซ่อน (Hidden Layer) ส่วนค่า Weight 2 คือ ค่าน้ำหนักจากชั้นซ่อนไปยังชั้นแสดงผลรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพยากรณ์ก๊าซ CO2

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้า ด้วยเทคนิคแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (เรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน) สามารถพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO2 ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการวิเคราะห์ถดถอย เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่น อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ เช่น เซลล์สมองของมนุษย์ และที่สำคัญเมื่อนำค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าจริงของการปล่อยก๊าซ CO2 ผลการคำนวณค่า MAD เท่ากับ 223 ซึ่งมีความน้อยกว่าค่า MAD ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยถึง 6 เท่า ดังนั้นตัวแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณก๊าซ CO2 ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเป็นตัวแบบจำลองด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมคือ 4 12 1 ตามลำดับ และฟังก์ชันถ่ายโอนคือ ฟังก์ชันเส้นตรงบวก (Positive Linear: poslin)

การศึกษาเพื่อหาตัวแบบในการจำลองการพยากรณ์ จะได้ตัวแบบที่แม่นยำหรือไม่ขึ้นอยู่กับการจำนวนข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่ทำการป้อนเข้าเพื่อวิเคราะห์ ดังนั้นหากมีการศึกษาในลักษณะเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้แต่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า นอกจากจะให้ตัวแบบที่สามารถพยากรณ์แม่นยำแล้วยังสามารถประยุกต์ใช้วิธีได้อย่างหลากหลาย อันจะส่งผลให้ได้ตัวแบบในการพยากรณ์ที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพกว่าตัวแบบที่ผู้วิจัยได้นำเสนอได้

References

- [1] C. Pratum, "Feasibility Study of Carbon Dioxide Recycling Using a Biological Wastewater Treatment System for Industrial Sources," *Journal of Environmental Management*, vol. 11, no. 2, pp. 106-133, 2015.

- [2] P. Bunprom and J. Kaewdam, "A study of Carbondioxide Gas Emission from alcohol beverage industrial process," *Suddhiparitat*, vol. 25, no. 77 (September -December), pp. 7-18, 2011.
- [3] Energy Policy and Planning Office (EPPO), Ministry of Energy, " CO2 Emission by Energy Type and Sector.," Bangkok, 2559.
- [4] Energy Policy and Planning Office (EPPO), Ministry of Energy, " CO2 Emission by Energy Type and Sector.," Bangkok, 2559.
- [5] P. Wongwut, "CO2 Emission from Energy Consumption in Thailand" Thesis, Bachelor of Science, King Mongkut's Institute of Technology, 2536.
- [6] Climatogical Center (2022, March) . [Online]. Available: <http://www.climate.tmd.go.th/content/file/2104>
- [7] Y. Panmanee, C. Jaiphet and A. Boonpoke, "Greenhouse gas emission from road transportation sector: A case study of transportation cooperative service," *Naresuan Phayao Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 231-236, 2013.
- [8] T. Limanond, S. Uttra, C. Chermkhunthod and A. SriKaew, "Comparing the Performance of Automobile Ownership Model: By Multiple Linear Regression Analysis Method and Back-Propagation Learning of ANN Method," in *The 3rd Atrans Symposium Student Chapter Session, Bangkok*, 2010.
- [9] W. Yu, F. Zhao, H. Xu, M. Xu, W. Yang, K. Boonsiah, and S. Prabakaran, "Predictive control of CO2 emissions from a grate boiler based on fuel nature structures using intelligent neural network and Box-Behnken design," in *the 10th International Conference on Applied Energy, Hong Kong, China, 22-25 August*, pp.364-369, 2018.
- [10] Statistics and research methodology for information technology. (2019, August 17) Regression Analysis. [Online] : Available:<http://home.dsd.go.th/kamphaengkam/km/inforinform/RESEARCH/000Regression.pdf>
- [11] A. Sarasiri. (2019, August). An Artificial Neuron Network of Technique. [Online]. Available:<https://sites.google.com/site/powerpow/phost-him/thekhnikhkarreiynruphunthankthekhnikhkarreiynruphu>
- [12] An integral element of the Ministry of Energy, the Energy Policy, and Planning Office (EPPO). (2019, August). Energy Statistics of Thailand. [Online]. Available: <http://www.pagemakerth.com/eppostat2018/#p=9>