

การปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำ Adaptation of Chiang Mai Logistics Industry to a Low-Carbon Society

คันธารรัตน์ ปันทโร¹ ณพล หงสกุลวสุ² และ วรวรรธ ทรายใจ³

Kantarath Pantharo, Napon Hongsakulvasu and Worrawat Saijai

* Corresponding author. E-mail: tawanktr19@gmail.com

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (ภาคพิเศษ) คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² และ ³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้กลายเป็นประเด็นสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจ โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมที่ถือเป็นทั้งผู้สร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจและผู้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมโลจิสติกส์เป็นกลไกหลักที่เชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทาน แต่ก็เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำคัญ โดยเฉพาะจากการพึ่งพาพลังงานฟอสซิลในกระบวนการขนส่งและคลังสินค้า ประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายการบรรลุ Carbon Neutrality ภายในปี 2050 และ Net Zero ภายในปี 2065 ซึ่งเป็นแรงกดดันให้อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ต้องเร่งปรับตัวเพื่อให้สอดคล้องกับแนวโน้มโลกและมาตรการทางการค้าระหว่างประเทศ เช่น CBAM ของสหภาพยุโรป รวมถึงมาตรการภาษีคาร์บอนที่ภาครัฐเริ่มนำมาใช้

จังหวัดเชียงใหม่ในฐานะศูนย์กลางเศรษฐกิจของภาคเหนือ มีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของภูมิภาค โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ซึ่งเป็นกลไกหลักในการเชื่อมโยงการผลิต การขนส่ง และการกระจายสินค้า อย่างไรก็ตาม การพึ่งพาพลังงานฟอสซิลในภาคขนส่งยังเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ส่งผลให้จังหวัดเผชิญกับความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมและต้องเร่งปรับตัวสู่ “สังคมคาร์บอนต่ำ” ให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาแนวทางการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำ และ (2) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) ประกอบด้วย การวิจัยเชิงปริมาณ ผ่านการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามองค์กรโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 20 องค์กร และการวิจัยเชิงคุณภาพ ผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกจาก 3 องค์กรหลัก ได้แก่ SCGJWD Logistics, บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด และบริษัทนิมซีเสิ่งขนส่ง 1988

ผลการศึกษาเชิงปริมาณพบว่า องค์กรส่วนใหญ่เป็นธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก ที่มีระดับความรู้ด้านโลจิสติกส์สีเขียวในระดับปานกลางถึงต่ำ แรงผลักดันที่มีผลต่อการปรับตัว ได้แก่ 1. แรงผลักดันภายนอก มีค่าเฉลี่ย 4.04 (ระดับมาก) โดยปัจจัยที่มีผลมากที่สุดคือความผันผวนของราคาน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย 4.45) และแรงผลักดันทางกฎหมายสิ่งแวดล้อม (ค่าเฉลี่ย 4.35) 2. แรงผลักดันภายใน มีค่าเฉลี่ย 3.77 (ระดับมาก) โดยเฉพาะการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงที่ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม (ค่าเฉลี่ย 4.35) และ 3. อุปสรรค มีค่าเฉลี่ย 4.09 (ระดับมาก)

ปัจจัยหลักคือราคาวัตถุดิบและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งมีราคาสูง เช่น บรรจุกัมภ์หรือเครื่องมือที่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอน และพบว่าผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการพยากรณ์ แบบจำลอง Random Forest มีความแม่นยำสูงสุด

ส่วนผลการศึกษาเชิงคุณภาพ จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า องค์กรขนาดใหญ่ในเชียงใหม่มีความตื่นตัว และมีแนวโน้มลงทุนเชิงรุกในเทคโนโลยี Low Carbon และ Net Zero ขณะที่องค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กยังต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐและความรู้ความเข้าใจที่เพียงพอ การวิเคราะห์โดยใช้กรอบแนวคิด 4M (Man, Machine, Method และ Money) และการวิเคราะห์ SWOT พบว่า การสนับสนุนจากผู้บริหาร และความสามารถในการลงทุนเป็นเงื่อนไขหลักของการปรับตัว ส่วนแรงกดดันจากกฎหมายและตลาดโลกจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการปรับตัวในอนาคต

จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่าองค์กรโลจิสติกส์ในเชียงใหม่อยู่ในช่วงเริ่มต้นของการปรับตัวสู่สังคมคาร์บอนต่ำ โดยองค์กรส่วนใหญ่ตระหนักถึงความสำคัญ แต่ยังเผชิญข้อจำกัดด้านต้นทุน เทคโนโลยี และความรู้ ข้อเสนอแนะสำคัญคือ ภาครัฐควรจัดทำมาตรการสนับสนุนเชิงนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับบริบทของจังหวัดเชียงใหม่ เช่น การฝึกอบรมบุคลากร การสนับสนุนเงินทุนหรือแรงจูงใจทางการเงินเพื่อช่วยให้องค์กรสามารถลงทุนในเทคโนโลยีสะอาด โดยเฉพาะสำหรับ SMEs และการสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และมหาวิทยาลัย เพื่อเร่งการเปลี่ยนผ่านของภาคโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก, สังคมคาร์บอนต่ำ, อุตสาหกรรมโลจิสติกส์, การปรับตัวทางธุรกิจ

ABSTRACT

Climate change and the rising levels of greenhouse gas emissions have become major global concerns, particularly for the industrial sector, which both drives economic growth and contributes to environmental degradation. The logistics industry plays a crucial role in connecting supply chains but is also a major source of carbon emissions, primarily from its dependence on fossil fuels in transportation and warehousing. Thailand has committed to achieving Carbon Neutrality by 2050 and Net Zero emissions by 2065, creating significant pressure on the logistics sector to adapt in line with global trends and international trade mechanisms such as the EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) and domestic carbon tax measures.

Chiang Mai Province, as the economic center of Northern Thailand, plays a vital role in regional economic development, especially in the logistics sector that integrates production, transportation, and distribution systems. However, the high reliance on fossil fuels has made logistics operations a major contributor to greenhouse gas emissions. Thus, Chiang Mai faces

growing environmental challenges and must urgently transition toward a low-carbon society to align with the country's sustainable development goals.

This research aims to (1) investigate the adaptation strategies of the logistics industry in Chiang Mai toward a low-carbon society and (2) identify the factors influencing such adaptation. A mixed-methods approach was employed, consisting of quantitative data collected from 20 logistics organizations in Chiang Mai through structured questionnaires, and qualitative data obtained from in-depth interviews with three leading organizations: SCGJWD Logistics, Thailand Post Co., Ltd., and Nim See Seng Transport 1988 Co., Ltd.

The quantitative findings revealed that most organizations are small and medium-sized enterprises (SMEs) with moderate to low levels of green logistics knowledge. The key factors influencing adaptation include: 1. External Drivers, with an average score of 4.04 (high level), mainly driven by oil price fluctuations (4.45) and environmental regulations (4.35) 2. Internal Drivers, with an average score of 3.77 (high level), led by strong support from top management (4.35) and 3. Barriers, with an average score of 4.09 (high level), particularly high costs of eco-friendly technologies and materials such as carbon-reducing packaging and equipment. The Random Forest prediction model also showed the highest accuracy in identifying influential factors for adaptation.

Qualitative results indicated that large organizations in Chiang Mai have shown proactive investment in Low Carbon and Net Zero technologies, while SMEs still require government support and greater technical understanding. Based on the 4M framework (Man, Machine, Method, and Money) and SWOT analysis, top management commitment and investment capability were found to be critical for successful adaptation, whereas legal and market pressures are expected to shape future strategies.

In conclusion, Chiang Mai's logistics sector is still in the early stages of transitioning toward a low-carbon society. Most organizations acknowledge the importance of environmental sustainability but face limitations in cost, technology, and expertise. The study recommends that government agencies develop context-specific environmental policies for Chiang Mai, including workforce training, financial incentives, and access to green technology funding—particularly for SMEs—as well as collaboration among the public sector, private enterprises, and universities to accelerate the logistics industry's sustainable low-carbon transition.

Keywords: Greenhouse Gases, Low-carbon Society, Logistics Industry, Business Adaptation

ที่มาและความสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องได้กลายเป็นปัญหาระดับโลกที่ทุกภาคส่วนต้องให้ความสำคัญ โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นทั้งผู้สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและผู้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ถือเป็นกลไกสำคัญของระบบเศรษฐกิจ ในฐานะกลไกหลักที่เชื่อมโยงกระบวนการผลิต การขนส่ง และการกระจายสินค้า แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูงจากการพึ่งพาพลังงานฟอสซิลในระบบขนส่งและคลังสินค้า

ประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายสำคัญในการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี พ.ศ. 2593 และ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero) ภายในปี พ.ศ. 2608 ส่งผลให้ภาคโลจิสติกส์ต้องเร่งปรับตัวให้สอดคล้องกับนโยบายระดับประเทศและมาตรการสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ เช่น มาตรการ CBAM ของสหภาพยุโรป รวมถึงมาตรการภาษีคาร์บอนที่รัฐบาลไทยเริ่มนำมาปรับใช้ ได้กลายเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ส่งผลให้ธุรกิจโลจิสติกส์ไทย โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของภาคเหนือ ที่มีบทบาทสำคัญในระบบการค้า การท่องเที่ยว และการกระจายสินค้าระดับภูมิภาค ต้องเร่งปรับตัวสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Society) เพื่อรักษาความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการเติบโตทางเศรษฐกิจ และสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก

อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการโลจิสติกส์ในเชียงใหม่ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ยังขาดความพร้อมด้านเงินทุน เทคโนโลยี และองค์ความรู้ในการปรับตัวสู่ระบบโลจิสติกส์สีเขียวอย่างแท้จริง การศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการวิเคราะห์ แนวทางและปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาเชิงนโยบายและกลยุทธ์การดำเนินงานที่จะช่วยให้ภาคโลจิสติกส์สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และขับเคลื่อนไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับจังหวัดและระดับประเทศในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางการปรับตัวในการเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่

วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน (Mixed Methods) ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งแรงผลักดันภายนอก แรงผลักดันภายใน และอุปสรรคที่เผชิญในการปรับตัว รวมถึงข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งหมด 83 องค์กร ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ประเภทการขนส่งสินค้าที่ใช้ยานพาหนะบรรทุกทางบกเป็นหลัก เนื่องจากในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนมากจะเน้นไปที่การขนส่งทางบก เพราะมีพื้นที่ห่างไกลจากทะเล จึงไม่มีการขนส่งทางน้ำ รวมถึงการขนส่งทางอากาศยังมีน้อย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 1) องค์กรที่เก็บข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการทำแบบสอบถาม จำนวน 20 องค์กรในจังหวัดเชียงใหม่ ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ครอบคลุมทั้งธุรกิจขนาดใหญ่และธุรกิจขนาดกลาง-ขนาดย่อม เพื่อสะท้อนโครงสร้างของอุตสาหกรรมในพื้นที่ มีผู้ตอบแบบสอบถามหลายคน (หน่วยงานละ 1 คน) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ประหยัดเวลา และเกณฑ์ในการคัดเลือกองค์กร คือ เป็นองค์กรที่มีศักยภาพในการปรับตัวเป็นหลัก เพื่อให้ตรงกับสถานการณ์สีเขียวในปัจจุบัน ซึ่งเป็นองค์กรที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโลจิสติกส์เป็นหลัก (Logistics Industry) และพิจารณาจากจำนวนของรถบรรทุกขนส่งที่องค์กรให้บริการร่วมด้วย (อ้างอิงข้อมูลมาจาก Truck data service center) รวมถึงเพื่อให้สอดคล้องกับกรอบระยะเวลาและงบประมาณในการศึกษา และ 2) องค์กรที่เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก จำนวน 3 องค์กรในจังหวัดเชียงใหม่ (จากทั้งหมด 20 องค์กรที่ตอบแบบสอบถาม) ได้แก่ SCG JLD Logistics, ไปรษณีย์ไทย และ นิมซีเส็งขนส่ง 1988 ซึ่งเกณฑ์ในการเลือก 3 องค์กรนี้ได้มาจาก คุณภาพขององค์กร คือ การที่ทั้ง 3 องค์กรนี้ได้เริ่มมีการปรับตัวโดยใช้แนวคิดกรีนโลจิสติกส์และแนวคิด Sustainable ในการดำเนินธุรกิจ และได้เริ่มนำกรีนโลจิสติกส์มาใช้ในการขนส่ง จึงตรงกับประเด็นที่ต้องการจะศึกษา และในเรื่องของความเพียงพอ คือ เพื่อให้เพียงพอต่อระยะเวลาในการทำงาน 3 องค์กรนี้จึงเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดสำหรับการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น

1) **ตัวแปรตาม** (Dependent Variable): Y เป็นตัวแปรที่ใช้เป็นตัวชี้วัดระดับการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำ โดยแบ่งตามระดับของกิจกรรมที่องค์กรมีการ

ดำเนินการปรับตัว ซึ่งระดับการปรับตัวเป็นมาตราเรียงลำดับ (Ordinal Scale) แบ่งได้ 5 ระดับ ได้แก่ 1 = ไม่มีการปรับตัว, 2 = ปรับตัวเล็กน้อย, 3 = ปรับตัวปานกลาง, 4 = ปรับตัวสูง และ 5 = ปรับตัวเต็มรูปแบบ

2) **ตัวแปรอิสระ** (Independent Variables): X เป็นตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลต่อระดับการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณที่ได้จากการประเมินตัวเลข 5 ระดับของ Likert Scale มีจำนวนทั้งสิ้น 52 ตัวแปร สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

- ปัจจัยที่เป็นแรงผลักดันภายนอก ได้แก่ ด้านกฎหมาย กฎระเบียบและนโยบาย, ด้านการแข่งขัน, ด้านการตลาดและลูกค้า, ด้านสังคมและวัฒนธรรม และด้านวัตถุดิบ

- ปัจจัยที่เป็นแรงผลักดันภายใน ได้แก่ ด้านนโยบายภายในองค์กร, ด้านทรัพยากรภายในองค์กร, ด้านการจัดการและการดำเนินงานองค์กร และด้านการเงินภายในองค์กร

- ปัจจัยที่เป็นอุปสรรค ได้แก่ อุปสรรคภายนอก, อุปสรรคภายใน และอุปสรรคด้านการเงินภายในองค์กร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้สามารถแบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้เป็น 2 ส่วน ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะสามารถตอบวัตถุประสงค์ในการศึกษาทั้ง 2 ข้อ ได้แก่ ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวและศึกษาแนวทางในการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำได้ ดังนี้

1) การใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัยเชิงปริมาณ

โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 7 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปขององค์กร (ประเภทการจดทะเบียนของบริษัท, ขนาดของบริษัทตามทุนจดทะเบียน, ระยะเวลาการประกอบการ และจำนวนพนักงาน) ข้อมูลความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับโลจิสติกส์สีเขียว และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัว (แรงผลักดันภายนอก ภายใน และอุปสรรค) โดยแบ่งระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ (1-5) ซึ่งเป็นมาตรวัดแบบ Likert Scale รวมถึงแบบสอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมที่องค์กรให้ความสำคัญในการนำแนวคิดการมุ่งสู่สังคมคาร์บอนต่ำมาประยุกต์ใช้ และการให้องค์กรประเมินระดับการปรับตัวสู่สังคมคาร์บอนต่ำที่องค์กรเป็นอยู่ในปัจจุบัน

2) การสัมภาษณ์เชิงลึก (In - Depth Interview) เป็นเครื่องมือในการวิจัยเชิงคุณภาพ

การสัมภาษณ์เชิงลึกจัดทำขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจาก 3 องค์กรหลัก ได้แก่ SCGJWD Logistics, ไปรษณีย์ไทย, และ นิคมซีเส็งขนส่ง 1988 ซึ่งเป็นองค์กรตัวอย่างที่เริ่มมีการปรับตัว โดยมีการดำเนินกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำอย่างเป็นรูปธรรม มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi - structured Interview Questions) เพื่อสอบถามถึงแรงผลักดันและอุปสรรคที่มีผลต่อการปรับตัว และการดำเนินงานหรือแนวทางในการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในการเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ (แบบสอบถาม) วิเคราะห์โดยใช้ทั้งสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ดังนี้

1) วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและสรุปความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวขององค์กรโลจิสติกส์

2) วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม (การปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำขององค์กรโลจิสติกส์) โดยตัวแปรตาม (Y) ของการศึกษานี้เป็นมาตราเรียงลำดับ (Ordinal scale) จึงเลือกใช้การประมาณแบบจำลองเชิงลำดับ (Ordered Binary Model) นั่นคือ ตัวแปรที่มีหลายทางเลือก โดยแต่ละทางเลือกมีความแตกต่างกัน สามารถระบุหรือเรียงลำดับได้ว่าทางเลือกไหนดีกว่ากัน แต่ไม่สามารถวัดค่าความแตกต่างออกมาในเชิงปริมาณได้ จึงเลือกใช้ Ordered Binary Model (Ordered Logit / Ordered Probit) เป็นแบบจำลองหลักในการวิเคราะห์ โดยมีสมการดังนี้

$$y_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i, \quad \begin{cases} \varepsilon_i \sim N(0,1) & \text{(Probit)} \\ \varepsilon_i \sim \text{Logistic}(0,1) & \text{(Logit)} \end{cases}$$

โดยที่

- y_i^* คือ ตัวแปรแฝงของหน่วยตัวอย่างที่ i (latent index แสดงระดับการปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำของตัวแทนแต่ละองค์กรที่ตอบแบบสอบถามคนที่ i)

- X_i คือ ตัวแปรอิสระของหน่วยตัวอย่างที่ i

- β คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องประมาณค่า

- ε_i คือ ค่าความผิดพลาด (Error Term) ที่มีการแจกแจงแบบ Logistic Distribution (Ordered Logit)

- i = หน่วยตัวอย่างลำดับที่ i

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของแบบจำลองนี้อาจจะต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลองทางเศรษฐมิติระดับสูงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จึงมีการใช้แบบจำลอง Ordered choice Lasso, Ordered choice Ridge และ Elastic Net ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้จะมีการปรับด้วยฟังก์ชันการลงโทษที่สามารถกำจัดตัวแปรอิสระที่ไม่สำคัญออกจากแบบจำลองได้ รวมถึงการใช้ Random Forest ในการเสริมประสิทธิภาพในการพยากรณ์เข้ามารวมด้วย เพื่อให้ได้ความแม่นยำและเสถียรภาพที่มากยิ่งขึ้น

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ (สัมภาษณ์เชิงลึก) วิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ข้อมูลจะถูกแยกเป็นหมวดหมู่ และนำมาสรุปผลโดยใช้ความเรียง รวมถึงวิเคราะห์โดยใช้กรอบแนวคิด 4M (Man, Machine, Method และ Money) และ SWOT Analysis ร่วมด้วย เพื่อหาประเด็นร่วม ปัจจัยที่มีอิทธิพล แนวทางปฏิบัติที่ดี (Best Practices) ขององค์กรที่ประสบความสำเร็จ รวมถึงประเมินศักยภาพและข้อจำกัดขององค์กรโลจิสติกส์ในการปรับตัวสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

นอกจากนี้ ยังมีการนำข้อมูลเชิงปริมาณมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างภาพรวมทั้ง 20 องค์กรกับ 3 องค์กรที่มีศักยภาพในการปรับตัว

โดยสรุป ระเบียบวิธีการศึกษาครั้งนี้ออกแบบให้สามารถสะท้อนภาพรวมเชิงปริมาณขององค์กรโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ พร้อมทั้งเข้าใจรายละเอียดเชิงลึกถึงกระบวนการปรับตัว เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมโลจิสติกส์จังหวัดเชียงใหม่ให้สอดคล้องกับเป้าหมายสังคมคาร์บอนต่ำในอนาคต

ผลการศึกษา

ผลการศึกษสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากแบบสอบถาม และผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์เชิงลึก ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จากการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามจากองค์กรโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ 20 องค์กร

1.1) วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา พบว่า อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่เป็นธุรกิจประเภทบริษัทจำกัด ซึ่งเป็นธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) โดยร้อยละ 60 มีพนักงานไม่เกิน 50 คน และ ร้อยละ 80 ดำเนินธุรกิจมานานกว่า 10 ปี แสดงให้เห็นถึงความมั่นคงของธุรกิจในพื้นที่ แต่ยังขาดการพัฒนาเชิงสิ่งแวดล้อมที่เป็นระบบ โดยระดับความรู้ความเข้าใจด้านโลจิสติกส์สีเขียว (Green Logistics) อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ (ค่าเฉลี่ย 3.20) ซึ่งมีเพียงร้อยละ 10 ของกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับสูง

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับแรงผลักดันภายนอก แรงผลักดันภายใน และอุปสรรคที่ส่งผลต่อการปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำขององค์กรโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อสรุปในภาพรวมพบว่า 1. แรงผลักดันภายนอก มีค่าเฉลี่ย 4.04 ซึ่งถือว่ามีความสำคัญในระดับมาก ด้านที่มีผลต่อการปรับตัวขององค์กรมากที่สุด คือ ด้านวัตถุดิบ: ความผันผวนของราคาน้ำมันที่องค์กรใช้ในการดำเนินงาน 2. แรงผลักดันภายใน มีค่าเฉลี่ย 3.77 มีความสำคัญในระดับมาก ด้านที่มีผลต่อการปรับตัวขององค์กรมากที่สุด คือ ด้านนโยบายภายในองค์กร: ผู้บริหารระดับสูงสนับสนุนกิจกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดปริมาณการปล่อยคาร์บอน และ 3. อุปสรรค มีค่าเฉลี่ย 4.09 มีความสำคัญในระดับมากเช่นกัน ด้านที่มีผลต่อการปรับตัวขององค์กรมากที่สุด คือ อุปสรรคภายนอก: วัตถุดิบที่ใช้ในการทดแทนมีราคาที่สูงกว่าวัตถุดิบเดิม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยแล้ว พบว่า อุปสรรคมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าแรงผลักดันภายนอกและภายใน สะท้อนให้เห็นว่าองค์กรส่วนใหญ่ยังคงเผชิญกับอุปสรรคหรือข้อจำกัดสำคัญ โดยเฉพาะเรื่องของงบประมาณสำหรับองค์กรขนาดเล็กและขนาดกลาง จึงยังไม่สามารถที่จะปรับตัวได้มากเท่าที่ควร และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแรงผลักดันภายนอกและแรงผลักดันภายใน จะเห็นได้ว่าองค์กรโลจิสติกส์ในภาพรวม (20 องค์กร) ให้ความสำคัญกับแรงผลักดันภายนอก (ค่าเฉลี่ย 4.04) มากกว่าแรงผลักดันภายใน (ค่าเฉลี่ย 3.77) นั่นคือ แรงผลักดันภายนอกมีผลต่อการปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำมากกว่าแรงผลักดันภายใน

ตารางที่ 1 การสรุปภาพรวมของแรงผลักดันและอุปสรรคที่มีผลต่อการปรับตัวขององค์กรมากที่สุด

สรุปภาพรวม	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความสำคัญ	ด้านที่มีผลมากที่สุด
1. แรงผลักดันภายนอก	4.04	1.13	มาก	ความผันผวนของราคาน้ำมันที่องค์กรใช้ในการดำเนินงาน
2. แรงผลักดันภายใน	3.77	1.21	มาก	ผู้บริหารระดับสูงสนับสนุนกิจกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
3. อุปสรรค	4.09	1.03	มาก	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดแทนมีราคาที่สูงกว่าวัตถุดิบเดิม
(n=20)				

ที่มา: จากการเก็บแบบสอบถาม และการคำนวณ

สำหรับกิจกรรมที่องค์กรให้ความสำคัญในการนำแนวคิดการมุ่งสู่สังคมคาร์บอนต่ำมาประยุกต์ใช้ เมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแล้ว พบว่า อันดับที่ 1 คือ การปรับปรุงเครือข่ายโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก 2.58 อันดับที่ 2 คือ การลดของเสียจากบรรจุภัณฑ์และเพิ่มการใช้วัสดุรีไซเคิล มีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก 2.33 และอันดับที่ 3 คือ การปรับเปลี่ยนพาหนะและเชื้อเพลิงให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก 1.92 ตามลำดับ และจากการประเมินระดับการปรับตัวสู่สังคมคาร์บอนต่ำที่องค์กรเป็นอยู่ในปัจจุบัน พบว่า องค์กรส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับเริ่มต้นของการปรับตัว โดยมีจำนวน 8 องค์กร คิดเป็นร้อยละ 40 ที่ประเมินตนเองว่าอยู่ในระดับที่ 1 ซึ่งหมายถึงยังไม่ได้ดำเนินกิจกรรมใดๆ ที่มุ่งสู่สังคมคาร์บอนต่ำ และมีเพียง 1 องค์กรเท่านั้น หรือคิดเป็นร้อยละ 5 ที่ประเมินอยู่ในระดับที่ 5 ซึ่งก็คือตนเองประสบความสำเร็จในการดำเนินงานสู่สังคมคาร์บอนต่ำอย่างแท้จริง

1.2) วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบจำลอง Ordered Logit และ Ordered Probit เมื่อพิจารณาค่า BIC ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เปรียบเทียบความซับซ้อนและความพอดีของแบบจำลอง พบว่า Ordered Logit มีค่า BIC เท่ากับ 60.19 ซึ่งต่ำกว่า Ordered Probit ที่มีค่า BIC เท่ากับ 61.34 จึงถือว่า Ordered Logit เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในเชิงอธิบายผลในการวิเคราะห์

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบแบบจำลอง Ordered Logit และ Ordered Probit

แบบจำลอง	BIC
Ordered Logit	60.19
Ordered Probit	61.34

ที่มา: จากการคำนวณ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับตัวขององค์กร ได้แก่ ขนาดของบริษัท, ด้านการตลาดและลูกค้า และด้านวัตถุดิบ ส่วนประเภทของบริษัทมีผลเชิงลบ ซึ่งขนาดขององค์กรและด้านการตลาดและลูกค้าเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านวัตถุดิบมีอิทธิพลในทิศทางบวกแต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ ซึ่งให้เห็นว่าการปรับตัวได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกเป็นสำคัญ โดยเฉพาะขนาดขององค์กรและแรงผลักดันจากตลาดและลูกค้าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปรับตัวให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนของภาคโลจิสติกส์ในอนาคต

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่สำคัญจากแบบจำลอง Ordered Logit

ตัวแปรที่สำคัญ	ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient : β)	ค่า Std.Error	ค่า t-value	ความหมาย
1. ขนาดของบริษัท	2.91	1.52	1.90	ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับตัว
2. ประเภทของบริษัท	-3.35	1.78	-1.89	ส่งผลเชิงลบต่อการปรับตัว
3. การตลาดและลูกค้า	1.45	0.73	2.00	ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับตัว
4. วัตถุดิบ	1.20	0.82	1.45	ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับตัว

ที่มา: จากการคำนวณ

นอกจากนี้ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นและเพิ่มความแม่นยำของการทำนาย รวมถึงลดปัญหาการมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอิสระ (multicollinearity) โดยใช้เทคนิคการปรับค่าสัมประสิทธิ์ (Regularization) 3 รูปแบบหลัก คือ Ridge Regression, Lasso Regression, และ Elastic Net พบว่า Lasso และ Elastic Net สามารถตัดตัวแปรที่ไม่สำคัญออกได้ ซึ่งผลการปรับค่าด้วย Elastic Net ให้ความแม่นยำสูงกว่า Ridge และ Lasso เนื่องจากรวมข้อดีของ 2 แบบจำลองนี้เข้าด้วยกัน แต่พบว่าโมเดล Regularization เหล่านี้บีบค่าสัมประสิทธิ์ให้เล็กลงกว่าความเป็นจริง เพื่อควบคุมความซับซ้อนของโมเดล ผลคือโมเดลไม่ overfit แต่ก็อาจลดทอนความแรงของผลจริงลงไปด้วย ดังนั้นจึงมีการใช้ขั้นตอน Post-Regularization หรือ Post-Lasso เพื่อคืนค่าความแม่นยำของสัมประสิทธิ์ หลังจากเลือกตัวแปรสำคัญเสร็จแล้ว ซึ่งพบว่า Post Lasso-Elastic Net มีประสิทธิภาพสูงสุด และลดความเอนเอียงจากการใช้ตัวแปรจำนวนมากได้ดี การใช้ Regularization จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาการวิเคราะห์เชิงปริมาณของงานวิจัยนี้ เพราะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการพยากรณ์เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำ

รวมถึงการใช้แบบจำลอง Random Forest เพื่อวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรหรือระบุว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ของแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งจะทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่ดีขึ้น โดย

ใช้ค่า SHAP (Shapley Additive Explanations) ในการอธิบาย ซึ่งใช้วัดค่าความสำคัญเฉลี่ยของตัวแปร (mean(|SHAP value|)) ต่อผลการทำนาย พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำนายระดับสูงสุดมากที่สุด ได้แก่ อุปสรรคภายในด้านนโยบายภายในองค์กร, อุปสรรคภายในด้านการเงินภายในองค์กร, อุปสรรคภายนอกองค์กร, แรงผลักดันภายนอกด้านการเงินภายในองค์กร, แรงผลักดันภายนอกด้านสังคมและวัฒนธรรม และแรงผลักดันภายนอกด้านทรัพยากรภายในองค์กร ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา โดยใช้ตัวชี้วัด Accuracy (สัดส่วนของการพยากรณ์ที่ถูกต้องทั้งหมด) พบว่า แบบจำลอง Random Forest มีค่าความแม่นยำที่สูงที่สุด จึงเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่ดีที่สุด (แบบ in-sample) แต่เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่จำกัด จึงอาจเกิดปัญหา Overfitting ได้ นั่นคือแบบจำลอง Random Forest นี้ อาจจะไม่มีความสามารถในการทำนายในสถานการณ์จริงได้ เพราะจดจำลักษณะเฉพาะของชุดข้อมูลมากเกินไป แต่มีข้อดีคือสามารถใช้ในการอธิบายหรือพยากรณ์ได้ถูกต้อง จึงมีศักยภาพในการทำนายได้ดี ดังนั้นการตีความผลลัพธ์จึงควรคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าว โดยเน้นที่ข้อค้นพบเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญในการปรับตัวขององค์กรมากกว่าค่าความแม่นยำของแบบจำลอง

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

แบบจำลอง	Accuracy (In-sample)
Ridge	0.45
Lasso	0.65
Elastic Net	0.65
Post-Lasso Ridge	0.70
Post-Lasso Elastic Net	0.65
Random Forest	1.00

ที่มา: จากการคำนวณ

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการเก็บข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกกับองค์กรโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ 3 องค์กรหลัก ซึ่งสามารถเรียงลำดับความพร้อมและศักยภาพในการปรับตัวขององค์กร ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 คือ บริษัท SCGJWD Logistics อันดับที่ 2 คือ บริษัท นิมซีเส็งขนส่ง 1988 จำกัด และอันดับที่ 3 คือ บริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า

2.1) การวิเคราะห์ด้วยกรอบแนวคิด 4M (Man, Machine, Method และ Money) พบว่า 1. SCGJWD Logistics ให้ความสำคัญกับ 4M โดยเรียงลำดับได้ ดังนี้ ด้านบุคลากร (Man) ด้านการจัดการและการบริหาร (Management) ด้านทรัพยากรและเทคโนโลยี (Material) และด้านการเงิน/งบประมาณ (Money) 2. ไปรษณีย์ไทยให้ความสำคัญกับ 4M โดยเรียงลำดับได้ ดังนี้ ด้านบุคลากร (Man) ด้านการเงิน/งบประมาณ (Money) ด้านการจัดการและการบริหาร (Management) และด้านทรัพยากรและเทคโนโลยี (Material) และ 3. นิมซีเส็งขนส่ง

1988 ให้ความสำคัญกับ 4M โดยเรียงลำดับได้ ดังนี้ ด้านบุคลากร (Man) ด้านทรัพยากรและเทคโนโลยี (Material) ด้านการจัดการและการบริหาร (Management) และด้านการเงิน/งบประมาณ (Money)

เมื่อให้ทั้ง 3 องค์การเปรียบเทียบแรงผลักดันภายนอกและแรงผลักดันภายในที่มีผลต่อการปรับตัวขององค์กร พบว่า SCGJWD Logistics และนิ่มซีเส็งขนส่ง 1988 ให้ความสำคัญกับแรงผลักดันภายในมากกว่าแรงผลักดันภายนอก เนื่องจากทั้ง 2 องค์การคิดว่า การที่จะปรับตัวได้นั้นต้องเริ่มมาจากภายในองค์กรของตนเองก่อน และเมื่อมีแรงผลักดันจากภายนอก ไม่ว่าจะเป็นกฎหมาย นโยบาย หรือลูกค้าที่ให้ความสำคัญกับการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กรก็จะทำให้ยังสามารถขับเคลื่อนองค์กรเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำได้มากยิ่งขึ้น จึงสรุปได้ว่าทั้ง 2 องค์การนี้มีผลการศึกษาที่แตกต่างจากเชิงปริมาณ (ภาพรวมทั้ง 20 องค์การ) ส่วนไพรชฌนิยไทย จะแตกต่างจากอีก 2 องค์การ เนื่องจากให้ความสำคัญกับแรงผลักดันภายนอกมากกว่าแรงผลักดันภายใน เพราะเห็นว่าการที่องค์กรจะปรับตัวได้ต้องเริ่มมาจากแรงผลักดันภายนอกอย่างกฎหมาย ไพรชฌนิยไทยจึงมีผลการศึกษาเหมือนกับเชิงปริมาณ (ภาพรวมทั้ง 20 องค์การ)

2.2) การวิเคราะห์ด้วย SWOT พบว่า 1. จุดแข็ง (Strengths) ที่สำคัญที่ทั้ง 3 องค์การมีร่วมกัน คือ การสนับสนุนจากผู้บริหาร ซึ่งผู้บริหารถือเป็นหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อนองค์กร จึงเป็นจุดแข็งหลักขององค์กรที่ปรับตัวได้ดี 2. จุดอ่อน (Weaknesses) ขาดเงินทุนและความรู้ทางเทคนิค ตัวอย่างเช่น ไพรชฌนิยไทยที่อาจจะมี การดำเนินงานบางส่วนล่าช้า เนื่องจากจำเป็นต้องรอการเบิกงบประมาณจากส่วนกลาง จึงไม่สามารถดำเนินการได้อย่างทันท่วงที 3. โอกาส (Opportunities) แนวโน้มการเติบโตของเศรษฐกิจสีเขียวและนโยบายภาครัฐ องค์กรที่มีศักยภาพและความพร้อมในการปรับตัว เห็นว่าแม้จะยังไม่มียุทธศาสตร์ที่ชัดเจนจากภาครัฐ แต่เราสามารถเตรียมความพร้อมในการปรับตัวเพื่อเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำได้ด้วยตัวองค์กรเอง และเมื่อมีกฎหมายและข้อบังคับที่ชัดเจน จะทำให้องค์กรสามารถขับเคลื่อนไปข้างหน้าได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงการตลาดและลูกค้าก็ถือเป็นโอกาสที่สำคัญในการปรับตัวขององค์กรเหล่านี้เช่นกัน เมื่อลูกค้าต้องการองค์กรขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จะเป็นแรงผลักดันให้องค์กรมีความต้องการจะปรับตัวมากยิ่งขึ้น เพื่อรักษาภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กรและเพื่อให้สามารถแข่งขันกับเจ้าอื่นได้ต่อไป และ 4. อุปสรรค (Threats) หรือข้อจำกัดที่สำคัญคือ ต้นทุนเริ่มต้นสูง งบประมาณที่จะลงทุนทั้งในเรื่องของเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือรถขนส่งไฟฟ้าที่ยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญขององค์กร

การวิเคราะห์ความสำคัญของแรงผลักดันภายนอกและภายในเทียบกับภาพรวม 20 องค์การ

จากผลการศึกษาของข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ (แบบสอบถาม 20 องค์การ) และเชิงคุณภาพ (สัมภาษณ์เชิงลึกกับ 3 องค์การ) สามารถเปรียบเทียบแรงผลักดันภายนอกและภายในเทียบกับภาพรวม 20 องค์การ พบว่า

1. SCGJWD Logistics มีค่าเฉลี่ยของแรงผลักดันภายในสูงถึง 4.86 (สูงที่สุดในกลุ่ม) และแรงผลักดันภายนอกอยู่ที่ 4.58 ซึ่งแรงผลักดันภายในมากกว่าภายนอก จึงสอดคล้องกับผลจากการสัมภาษณ์ ส่วนอุปสรรคมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.53 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในภาพรวมอย่างมาก จึงมีความพร้อมสูงที่สุดและมีการเผชิญอุปสรรคได้ดี

2. นิมซีเส็ง 1988 มีค่าเฉลี่ยของแรงผลักดันภายในอยู่ที่ 4.07 และแรงผลักดันภายนอกอยู่ที่ 3.84 (น้อยกว่าภาพรวม) ซึ่งแรงผลักดันภายในมากกว่าภายนอก จึงสอดคล้องกับผลจากการสัมภาษณ์ ส่วนอุปสรรคมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.2 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยในภาพรวม ดังนั้นถึงแม้ว่ามีค่าเฉลี่ยแรงผลักดันภายนอกที่ต่ำกว่าภาพรวม แต่องค์กรมีการเน้นการพัฒนาและปรับตัวจากภายในองค์กรเช่นเดียวกับ SCGJWD Logistics

3. ไปรษณีย์ไทย มีค่าเฉลี่ยของแรงผลักดันภายนอกอยู่ที่ 4.16 (สูงกว่าภาพรวม) แต่แรงผลักดันภายในมีค่าเฉลี่ยเพียงแค่ 3.00 (ต่ำกว่าภาพรวม) ซึ่งแรงผลักดันภายนอกมากกว่าภายใน จึงสอดคล้องกับผลจากการสัมภาษณ์ ส่วนอุปสรรคมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยในภาพรวม ดังนั้น ไปรษณีย์ไทยมีความแตกต่างจากอีก 2 องค์กร เนื่องจากให้ความสำคัญกับแรงผลักดันภายนอกมากกว่าภายใน

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 บริษัท เปรียบเทียบกับภาพรวม 20 องค์กร

บริษัท	ค่าเฉลี่ยแรงผลักดัน ภายนอก	ค่าเฉลี่ยแรงผลักดัน ภายใน	ค่าเฉลี่ยอุปสรรค
1. SCGJWD Logistics	4.58 (สูงสุด)	4.86 (สูงสุด)	2.53 (ต่ำสุด)
2. นิมซีเส็ง 1988	3.84	4.07	4.20
3. ไปรษณีย์ไทย	4.16	3.00	4.47
ค่าเฉลี่ยภาพรวม (20 องค์กร)	4.04	3.77	4.09

ที่มา: จากการคำนวณ

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ว่า อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเริ่มต้นของการปรับตัวสู่สังคมคาร์บอนต่ำ โดยส่วนใหญ่เป็นธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่มีความรู้ด้านโลจิสติกส์สีเขียวในระดับปานกลางถึงต่ำ ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวคือ แรงผลักดันภายนอก ได้แก่ ด้านวัตถุดิบ: ความผันผวนของราคาน้ำมันที่องค์กรใช้ แรงผลักดันภายใน ได้แก่ ด้านนโยบายภายในองค์กร: บทบาทของผู้บริหาร ส่วนอุปสรรคที่มีผลมากที่สุด ได้แก่ อุปสรรคภายนอกองค์กร: วัตถุดิบที่ใช้ในการทดแทนมีราคาสูงกว่าวัตถุดิบเดิม

ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกกับองค์กรตัวอย่างที่มีศักยภาพและความพร้อมในการปรับตัว (SCGJWD Logistics, ไปรษณีย์ไทย และนิมซีเส็งขนส่ง 1988) พบว่า องค์กรขนาดใหญ่มีแนวทางปรับตัวและวางแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อลดคาร์บอน โดยการเริ่มลงทุนในยานยนต์ไฟฟ้า การใช้พลังงานสะอาด และการจัดทำรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์โดยใช้กรอบแนวคิด SWOT และ 4M ซึ่งให้เห็นว่าปัจจัยภายในที่เป็นจุดแข็งคือ การสนับสนุนจากผู้บริหาร ในขณะที่องค์กรขนาดเล็กและขนาดกลางที่ยังคงพึ่งพาแรงผลักดันภายนอกเป็นหลัก ยังเผชิญข้อจำกัดสำคัญด้านงบประมาณต้นทุนการลงทุนเทคโนโลยีสีเขียวที่สูง รวมถึงความรู้บุคลากร แต่เริ่มตระหนักถึงแนวโน้มของกฎระเบียบสิ่งแวดล้อมและแรงกดดันจากคู่ค้าในอนาคต นอกจากนี้ปัจจัยที่เป็นโอกาส

องค์กรที่มีศักยภาพมองว่าต้องเริ่มต้นปรับตัวจากภายในองค์กรเอง หากมีกฎหมายและมาตรการที่ชัดเจนจะยิ่งสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันหากทำได้เร็วกว่า

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สามารถสรุปได้ว่าองค์กรทั้ง 3 องค์กรที่ให้สัมภาษณ์มีศักยภาพในการปรับตัวที่มากกว่าภาพรวม เนื่องจากได้เริ่มมีการดำเนินการปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำจากการนำกิจกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไปใช้ในกระบวนการทำงานจริง ซึ่งมี 2 องค์กรที่ให้ความสำคัญกับแรงผลักดันภายในมากกว่าภายนอก ได้แก่ SCGJWD Logistics และ นิ้มซี่่เสียงขนส่ง 1988 ส่วนประชณีย์ไทยให้ความสำคัญกับแรงผลักดันภายนอกมากกว่าภายใน ซึ่งเหมือนกับภาพรวมของทั้ง 20 องค์กรที่ตอบแบบสอบถาม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าองค์กรในภาพรวมยังคงมีการปรับตัวที่ถือว่ายังอยู่ในระดับเริ่มต้น เนื่องจากยังคงเผชิญกับข้อจำกัดหรืออุปสรรคทั้งในเรื่องของงบประมาณและเทคโนโลยี

การศึกษาในครั้งนี้ยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา ได้แก่ เป็นการศึกษาในระดับเบื้องต้นซึ่งยังไม่มีผู้ใดศึกษามาก่อนหน้า จึงยังไม่ได้ศึกษาในสเกลใหญ่ เพราะหากวิธีการศึกษาไม่รัดกุมพอ ก็จะทำให้ผลการศึกษาไม่ชัดเจน หลากหลายไปตามกลุ่มผู้ให้บริการได้ และจากการที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีน้อย ผลจากเครื่องมือเชิงปริมาณจึงไม่ได้มีประสิทธิภาพสูงมาก จึงใช้การศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อประกอบไปกับการศึกษาเชิงปริมาณ รวมถึงผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Ordered Logit/Probit เป็นเพียงการศึกษาขั้นต้น ซึ่งยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะในด้านขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย ทำให้ความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์อาจยังไม่สูงนัก ดังนั้นจึงได้ใช้แบบจำลอง Random Forest (RF) เพื่อเปรียบเทียบเพิ่มเติม แม้แบบจำลอง RF จะมีแนวโน้มเกิดการ overfitting อยู่บ้าง แต่ก็ไม่ได้เป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ไม่ได้มุ่งเน้นการพยากรณ์พฤติกรรมของผู้ให้บริการรายอื่นที่อยู่นอกกลุ่มตัวอย่างหากแต่เน้นการทำความเข้าใจและอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในเชิงโครงสร้างมากกว่า อย่างไรก็ตาม RF ไม่ได้ให้การตีความเชิงค่าสัมประสิทธิ์โดยตรง จึงได้ใช้ค่า SHAP เพื่อช่วยระบุและจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของแบบจำลอง

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติ สำหรับจังหวัดเชียงใหม่ ภาครัฐควรมีการสนับสนุนงบประมาณให้แก่องค์กรต่างๆ ในเชียงใหม่ เช่น การลดต้นทุนการเข้าร่วมโครงการ สร้างแรงจูงใจให้กับองค์กรในจังหวัด เช่น ป้ายรับรอง “Chiang Mai Low-Carbon Logistics Partner” ใช้เป็นคะแนนพิเศษในงานต่างๆ หรือจังหวัดเป็นแกนกลางในการจัดซื้ออุปกรณ์ เพื่อให้ราคาต่อหน่วยของรายเฉลี่ยลดลง รวมถึงมีการกำหนดเส้นทางนำร่องเพื่อทดลองรถ EV เพื่อให้องค์กรต่างๆ นำไปใช้ประกอบการตัดสินใจขยายผล ส่วนข้อเสนอแนะเชิงนโยบายระดับประเทศ ภาครัฐควรกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล เพื่อสร้างความมั่นใจให้ภาคธุรกิจ ส่งเสริมมาตรการจูงใจทางการเงิน เช่น เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ สิทธิประโยชน์ทางภาษี หรือกองทุนสนับสนุนการลงทุนด้านเทคโนโลยีสีเขียว โดยเฉพาะสำหรับ SMEs พัฒนาหลักสูตรและโครงการอบรมบุคลากรในภาคโลจิสติกส์ เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจ รวมถึงส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และ

สถาบันการศึกษา เพื่อสร้างระบบนิเวศนวัตกรรมสีเขียว และเร่งการพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศ เพื่อให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันได้ในระดับภูมิภาคและสากล

กล่าวโดยสรุป การปรับตัวของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์เชียงใหม่สู่สังคมคาร์บอนต่ำจำเป็นต้องอาศัยทั้งแรงผลักดันจากภายนอก เช่น นโยบายและกฎระเบียบสิ่งแวดล้อม และการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์จากภายในองค์กร หากได้รับการสนับสนุนที่เหมาะสม อุตสาหกรรมโลจิสติกส์จะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขัน และมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจสีเขียวของจังหวัดและประเทศในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- ชลิตา โป๊ะมา. (2561). แนวทางการพัฒนารีนโลจิสติกส์ในการบริหารการจัดการภาคการขนส่งสินค้า. *Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College*, 5(2), 54-65.
- นันทญา เขียวแสง, จินตนา อมรสวงสิน และวรางคณา ศรีนิล. (2017). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบยั่งยืนขององค์กรปกครอง ส่วนท้องถิ่นกรณีศึกษาสำนักงานเขต บางแค. *Kasetsart Engineering Journal*, 30(102), 61-72.
- ปิยธิดา ตั้งตระกูลสมบัติ. (2554). การปรับตัวของอุตสาหกรรมไทยสู่โครงการอุตสาหกรรมสีเขียว. Doctoral dissertation, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรินทร์ ชินวรวัฒนา. (2566). นโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจสีเขียวเปรียบเทียบของไทย และต่างประเทศ. เข้าถึงได้จาก <https://www.bot.or.th/th/research-and-publications/research/economic-pulse/economic-pulse-202307.html>
- สิรินทิพย์ ประภากรวิมล. (2552). การปรับตัวของอุตสาหกรรมไทยสู่กรีนโลจิสติกส์. Doctoral dissertation, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- อรจิรา ธนรัช. (2564). กรณีศึกษาบริษัทโลจิสติกส์ใน ไทยกับการปรับตัวในวิกฤตโควิด. Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2567). รายงานเป้าหมาย Net Zero ของประเทศไทย.
- Kasikorn Research. (2022). Thailand Carbon Credit Market Analysis.
- SCGJWD Logistics. (2023). 4 โซลูชันที่ช่วยยกระดับ Green Logistics ให้เหนือกว่าที่เคย. เข้าถึงได้จาก <https://www.scgjwd.com/blogs/update/4-solutions-green-logistics>
- Thailand Carbon Market Outlook. สำนักข่าว Thai PBS. (2025). รัฐบาลเดินหน้าภาษีคาร์บอนเพื่อความยั่งยืน