

การสำรวจปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์: กรณีศึกษาโครงการ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง

An Investigation of Project Management Factors for Carbon Dioxide Reduction in Railway Infrastructure Projects

กัลยรัตน์ เข็มนาท (Kanyarat Khemnag)^{1*} พีร์นิตี อักษร (Preenithi Aksorn)**

(Received: January 14, 2026; Revised: March 23, 2026; Accepted: March 24, 2026)

บทคัดย่อ

การขยายตัวของโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางในประเทศไทยมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ในช่วงการก่อสร้างกลับเป็นช่วงที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับสูง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและวิเคราะห์ปัจจัยด้านการบริหารโครงการที่ส่งผลต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางของประเทศไทย งานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยสังเคราะห์ตัวแปรจากการทบทวนวรรณกรรมจำนวน 27 ตัวแปร และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ จากผู้ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางจำนวน 407 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) ผลการวิเคราะห์พบว่าสามารถอธิบายความแปรปรวนรวมได้ร้อยละ 70.538 และจำแนกปัจจัยการบริหารโครงการออกเป็น 4 องค์ประกอบหลักได้แก่ (1) การวางแผนและแนวทางบริหารโครงการ (2) การบริหารจัดการทีมงานและทรัพยากร (3) ความพร้อมของบุคลากรและผู้เกี่ยวข้อง และ (4) การควบคุมมาตรฐานและการดำเนินงาน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปัจจัยด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์ การสนับสนุนจากผู้บริหาร ความร่วมมือของบุคลากร และการควบคุมกระบวนการดำเนินงาน มีบทบาทสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการก่อสร้าง งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติสำหรับการบริหารโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง เพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการพัฒนาอย่างยั่งยืนของภาคโครงสร้างพื้นฐานในประเทศไทย

¹Corresponding author: k.kanyarat@kkumail.com

*นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Student, Master of Engineering Program in Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

**รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

ABSTRACT

The rapid expansion of railway infrastructure construction projects in Thailand plays a crucial role in supporting sustainable national development. However, the construction phase is recognized as a major contributor to carbon dioxide (CO₂) emissions. This study aims to investigate and analyze project management factors that contribute to CO₂ emission reduction in railway infrastructure construction projects in Thailand. A quantitative research approach was employed. Based on an extensive literature review, 27 project management variables were identified and incorporated into a five-point Likert scale questionnaire. Data were collected from 407 practitioners involved in railway infrastructure construction projects and analyzed using descriptive statistics and Exploratory Factor Analysis (EFA). The results reveal that the extracted factors explain a total variance of 70.538% and can be classified into four principal components: (1) Project Planning and Management Approaches, (2) Site and Resource Management, (3) Personnel and Stakeholder Readiness, and (4) Standards and Operational Control. The findings indicate that strategic planning, managerial support, stakeholder cooperation, and systematic operational control play a significant role in reducing CO₂ emissions during the construction phase. This study provides practical and policy-relevant insights for enhancing project management practices in railway infrastructure construction, thereby supporting sustainable carbon emission reduction and long-term infrastructure sustainability in Thailand.

คำสำคัญ: การบริหารโครงการ การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โครงสร้างพื้นฐานระบบราง

Keywords: Project management, Carbon dioxide reduction, Railway infrastructure projects

บทนำ

ภาวะโลกร้อนเป็นวิกฤตการณ์สำคัญที่นานาชาติให้ความสำคัญ เนื่องจากก่อให้เกิดผลกระทบอย่างกว้างขวางทั้งต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ประเทศไทยได้แสดงเจตนารมณ์ในการขับเคลื่อนการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างจริงจัง โดยมุ่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการพัฒนาประเทศไปสู่ความยั่งยืนในระยะยาว ขณะเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความถี่ของภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นยิ่งสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในฐานะกลไกสำคัญในการรับมือกับภาวะโลกร้อน [1]

ประเทศไทยได้ดำเนินการตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) โดยมุ่งส่งเสริมให้ระบบรางเป็นระบบการขนส่งหลักของประเทศ ผ่านการขยายโครงข่ายรถไฟทางคู่ รถไฟความเร็วสูง และระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนอย่างต่อเนื่อง [2] การผลักดันนโยบายดังกล่าวนำไปสู่การเร่งลงทุนและก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางขนาดใหญ่ทั่วประเทศ อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของโครงสร้างพื้นฐานเหล่านี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเข้มข้นที่สุดคือช่วงการก่อสร้าง (Construction Phase) [3] โดยเฉพาะจากกระบวนการผลิตและขนส่งวัสดุก่อสร้าง เช่น ซีเมนต์ เหล็ก และคอนกรีต [4]

การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำการประเมินการปล่อยคาร์บอนตลอดวัฏจักรชีวิตมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมก่อสร้าง [4] นอกจากนี้ ยังมีการนำแนวทางเชิงเทคนิคมาใช้เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้าง

โดยเฉพาะการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีคาร์บอนต่ำ รวมถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการขนส่งวัสดุเพื่อลดการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอน [5] อย่างไรก็ตาม แนวทางเชิงเทคนิคในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้าง ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีหรือวัสดุเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านการบริหารโครงการ เช่น การวางแผน การตัดสินใจของผู้บริหาร การประสานงานระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และการควบคุมการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของโครงการ [6] สำหรับโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางซึ่งมีความซับซ้อนและใช้ทรัพยากรจำนวนมาก การบริหารโครงการจึงมีบทบาทสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการก่อสร้าง โดยเฉพาะเมื่อบูรณาการควบคู่กับแนวทางเชิงเทคนิค [7]

ดังนั้น การสำรวจปัจจัยด้านการบริหารโครงการสำหรับโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรสำคัญด้านการบริหารโครงการในมุมมองของวิศวกรและบุคลากรที่ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง โดยผลการศึกษาที่จะนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการระบอบองค์ประกอบของตัวแปรที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางของประเทศไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสำรวจตัวแปรการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยจัดอยู่ในประเภทงานวิจัยที่เข้าข่ายขอยกเว้นการพิจารณา เนื่องจากเป็นการศึกษาในลักษณะการสำรวจ การประเมินความรู้และการวิเคราะห์ปัญหา ทั้งนี้ งานวิจัยดังกล่าวไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาสาสมัครที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี

การศึกษาปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และจัดกลุ่มปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการศึกษาและรายละเอียดการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้กำหนดกลุ่มประชากรเป้าหมาย ได้แก่ วิศวกรและบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางในประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้รับชุดแบบสอบถามที่สมบูรณ์สำหรับนำมาวิเคราะห์จำนวนทั้งสิ้น 407 ชุด ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นวิศวกร บุคลากรที่มีความรู้และปฏิบัติงานอยู่ในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางในประเทศไทย ซึ่งครอบคลุมประเภทโครงการที่หลากหลาย เช่น โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าทางคู่ โครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง และโครงการก่อสร้างระบบรางอื่น ๆ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับสะท้อนถึงปัจจัยการบริหารโครงการจากมุมมองของผู้ที่มีความเข้าใจในบริบทการทำงานจริง ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่มีความพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้คำนวณตามสูตรของ Taro Yamane [8] ที่ระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 และระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่เหมาะสมไม่น้อยกว่า 400 ชุด

ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Sampling) จากกลุ่มเป้าหมายที่ปฏิบัติงานหรือมีประสบการณ์ในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางในประเทศไทย เพื่อให้เพียงพอต่อการวิเคราะห์ผลทางสถิติและสามารถนำมาเป็นตัวแทนในการสรุปผลการศึกษาสำหรับโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางในประเทศไทย

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม และ (2) ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) [9] จำแนกเป็น 5 ระดับ เพื่อประเมินระดับอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ระดับที่ 1 หมายถึงปัจจัยนั้นมีอิทธิพลน้อยที่สุด จนถึงระดับที่ 5 หมายถึงปัจจัยนั้นมีอิทธิพลมากที่สุด ดำเนินการหาความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน [10] เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ความถูกต้องของภาษา และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ผ่านการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากนั้นจึงนำแบบสอบถามไปทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยการทดสอบเบี่ยงต้น (Try-out) กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างแต่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจริงจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's Alpha) ซึ่งผลการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 0.978 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยมีความเชื่อมั่นสูงกว่า 0.80 จึงสรุปได้ว่าแบบสอบถามมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ [11]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยแบ่งออกได้ 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้สถิติพื้นฐานหาค่าร้อยละ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อค้นหาการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีมาตรการวัดอยู่ในรูปแบบอันตรภาคชั้น (Interval Scale) โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีคุณลักษณะร่วมกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งตัวแปรต้องมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) มากกว่า 0.50 ขั้นตอนการวิเคราะห์ EFA ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. หาความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปแบบเส้นตรง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงตัวเลข โดยเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ และมีระดับการวัดแบบอันตรภาคชั้น ช่วยให้เราสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรก่อนนำไปจัดกลุ่มองค์ประกอบได้อย่างเหมาะสม

2. การสกัดปัจจัย (Factor Extraction) ใช้หาจำนวนขององค์ประกอบหรือปัจจัย โดยใช้วิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) เป็นการลดจำนวนตัวแปรให้อยู่องค์ประกอบจำนวนน้อยเพื่อให้องค์ประกอบนั้นประกอบด้วยลักษณะตัวแปรเดิม

3. การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation) คือการแยกตัวแปรตามกลุ่มที่เหมาะสม โดยการหมุนแกนแบบฉาก (Orthogonal Rotation) ด้วยวิธีแบบแวนแมกซ์ (Varimax) เพื่อความชัดเจนของโครงสร้างและสามารถตีความได้ง่าย

4. ให้นิยามความหมายปัจจัย (Factor Meaning) การให้นิยามความหมายปัจจัย โดยพิจารณาชื่อที่มีความสัมพันธ์กับแนวคิดทางทฤษฎีที่สามารถกล่าวถึงภาพรวมของตัวแปรในกลุ่ม

เกณฑ์การพิจารณาการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะประกอบไปด้วย กลุ่มตัวอย่างที่ไม่น้อยกว่า 400 ตัวอย่าง [8] ตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ [12] ด้วยการตรวจสอบตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าความเบ้

(Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) อยู่ระหว่าง -2 ถึง 2 พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่าง 0.3 ถึง 0.8 [13] พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรปฏิเสศสมมติฐานที่ค่า p-value น้อยกว่า 0.05 [14] ค่า Eigenvalue มีค่ามากกว่า 1.00 ค่า Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) มีค่ามากกว่า 0.7 จึงเหมาะกับการนำมาใช้ทดสอบการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) [15]

4. ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประกอบไปด้วย 27 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รหัสตัวแปร	การบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	อ้างอิง
A01	ผู้บริหารมีความสามารถในการบริหารโครงการ	[16-19]
A02	ใช้วิธีก่อสร้างที่มีความทันสมัย	[18], [20-22]
A03	ใช้วิธีก่อสร้างที่มีความเหมาะสม	[20-23]
A04	โครงการก่อสร้างเป็นไปตามแผนที่วางเอาไว้	[16], [18], [19], [24]
A05	มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร	[19-21], [25]
A06	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องปฏิบัติตามข้อบังคับในการใช้ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย	[19], [24], [26]
A07	ศึกษาผลกระทบและกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมก่อนดำเนินโครงการ	[16], [17], [21], [24]
A08	การจัดสรรงบประมาณด้านสิ่งแวดล้อม	[16-18], [24]
A09	การกำหนดวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการที่ชัดเจน	[16-18]
A10	มีแนวทางการจัดการขยะในพื้นที่ก่อสร้าง	[23-25]
A11	มีการนำเศษวัสดุก่อสร้างไปใช้ซ้ำ	[18], [24], [25]
A12	ความสามารถในการบริหารจัดการน้ำในโครงการ	[20], [24], [25]
A13	ความเข้มงวดของกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อม	[16], [17], [23], [24]
A14	บุคลากรภายในโครงการให้ความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อม	[16], [17], [19]
A15	โครงการก่อสร้างมีส่วนที่เกี่ยวกับการออกแบบอาคารเพื่อให้เป็นอาคารเขียว	[23], [24]
A16	โครงการมีการจัดตั้งแผนกที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม	[16], [17], [24]
A17	การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงานเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	[18], [20], [21], [26]
A18	ตรวจสอบ บันทึก และติดตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งวัสดุ	[19], [20], [26]
A19	มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	[18-20], [26]
A20	การจำกัดน้ำหนักวัสดุในการขนส่ง	[20], [25], [26]

ตารางที่ 1 ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

รหัสตัวแปร	การบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	อ้างอิง
A21	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้ความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อม	[16-18]
A22	เจ้าของโครงการมีส่วนร่วมเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	[16-18]
A23	บุคลากรในโครงการมีประสบการณ์ในการบริหารจัดการโครงการด้านสิ่งแวดล้อม	[16-18]
A24	ผู้บริหารให้การสนับสนุนในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	[16-18]
A25	แรงงานมีจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม	[16], [17], [19]
A26	มีแผนตรวจสอบ บันทึก และติดตามปริมาณวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง	[19-21], [24]
A27	การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมหลังปิดโครงการเพื่อปรับปรุงแก้ไข	[17], [18], [21], [24]

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของแบบสำรวจ

ผลการสำรวจจากวิศวกรและบุคลากรที่ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง จำนวน 407 ชุด จากการคัดเลือกแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์ในการตอบครบทุกข้อ ได้ผลการวิเคราะห์แบบสำรวจในส่วนของคุณลักษณะทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของแบบสำรวจ (n=407)

ข้อมูลทั่วไป		ผลการวิเคราะห์		
		จำนวน	ร้อยละ	Meaning
โครงการที่รับผิดชอบ	โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าทางคู่	43	10.57	ส่วนใหญ่ของผู้ตอบ
	โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าความเร็วสูง	55	13.51	รับผิดชอบโครงการก่อสร้าง
	โครงการก่อสร้างระบบรางอื่น ๆ เช่น	309	75.92	ระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟฟ้า
	รถไฟฟ้าในเมือง รถไฟชานเมือง			ในเมือง รถไฟชานเมือง
ตำแหน่งสายงาน	วิศวกรระดับบริหาร	48	11.79	
	วิศวกรระดับปฏิบัติการ	287	70.52	ส่วนใหญ่ของผู้ตอบเป็น
	ที่ปรึกษาโครงการ	33	8.11	วิศวกรระดับปฏิบัติการ
	นักวิชาการ และอื่น ๆ	39	9.58	
เพศ	ชาย	293	71.99	ส่วนใหญ่ของผู้ตอบเป็นเพศ
	หญิง	114	28.01	ชาย
อายุ	20-30 ปี	155	38.08	
	31-40 ปี	226	55.53	ส่วนใหญ่ของผู้ตอบมีอายุ
	41-50 ปี	22	5.41	ระหว่าง 31-40 ปี
	51 ปีขึ้นไป	4	0.98	

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของแบบสำรวจ (n=407) (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	ผลการวิเคราะห์		
	จำนวน	ร้อยละ	Meaning
ประสบการณ์ ทำงาน	1-5 ปี	129	31.7
	6-10 ปี	153	37.59
	11-15 ปี	75	18.43
	16-20 ปี	36	8.85
	21 ปีขึ้นไป	14	3.44
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี	328	80.59
	ปริญญาโท	74	18.18
	ปริญญาเอก	5	1.23

ผลการสำรวจจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในเมือง รถไฟฟ้าในเมือง และโครงการก่อสร้างระบบรางอื่น ๆ (ร้อยละ 75.92) ปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกรระดับปฏิบัติการ (ร้อยละ 70.52) เป็นเพศชาย (ร้อยละ 71.99) มีอายุระหว่าง 31-40 ปี (ร้อยละ 55.53) มีประสบการณ์ทำงาน 6-10 ปี (ร้อยละ 37.59) และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 80.59)

2. ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อันดับ	ตัวแปร	การบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	เฉลี่ย	SD
1	A14	บุคลากรภายในโครงการให้ความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อม	4.41	0.783
2	A09	การกำหนดวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการที่ชัดเจน	4.40	0.771
3	A07	ศึกษาผลกระทบและกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมก่อนดำเนินโครงการ	4.39	0.814
4	A24	ผู้บริหารให้การสนับสนุนในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4.39	0.835
5	A13	ความเข้มงวดของกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อม	4.38	0.860
6	A17	การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงานเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4.35	0.849
7	A08	การจัดสรรงบประมาณด้านสิ่งแวดล้อม	4.33	0.897
8	A02	ใช้วิธีก่อสร้างที่มีความทันสมัย	4.33	0.807
9	A03	ใช้วิธีก่อสร้างที่มีความเหมาะสม	4.33	0.882
10	A05	มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร	4.33	0.865

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

อันดับ	ตัวแปร	การบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	เฉลี่ย	SD
11	A10	มีแนวทางการจัดการขยะในพื้นที่ก่อสร้าง	4.29	0.843
12	A12	ความสามารถในการบริหารจัดการน้ำในโครงการ	4.28	0.857
13	A22	เจ้าของโครงการมีส่วนร่วมเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4.25	0.959
14	A23	บุคลากรในโครงการมีประสบการณ์ในการบริหารจัดการโครงการด้านสิ่งแวดล้อม	4.24	0.924
15	A19	มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	4.22	0.921
16	A15	โครงการก่อสร้างมีส่วนที่เกี่ยวกับการออกแบบอาคารเพื่อให้เป็นอาคารเขียว	4.22	0.929
17	A27	การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมหลังปิดโครงการเพื่อปรับปรุงแก้ไข	4.22	0.820
18	A26	มีแผนตรวจสอบ บันทึกลง และติดตามปริมาณวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง	4.21	0.796
19	A16	โครงการมีการจัดตั้งแผนกที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม	4.18	0.914
20	A21	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้ความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อม	4.17	0.961
21	A11	มีการนำเศษวัสดุก่อสร้างไปใช้ซ้ำ	4.15	1.035
22	A01	ผู้บริหารมีความสามารถในการบริหารโครงการ	4.15	0.906
23	A25	แรงงานมีจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม	4.14	0.895
24	A18	ตรวจสอบ บันทึกลง และติดตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งวัสดุ	4.08	0.867
25	A06	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องปฏิบัติตามข้อบังคับในการใช้ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย	4.05	0.921
26	A20	การจำกัดน้ำหนักวัสดุในการขนส่ง	4.04	0.987
27	A04	โครงการก่อสร้างเป็นไปตามแผนที่วางเอาไว้	3.94	0.976

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) พบว่า บุคลากรภายในโครงการให้ความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อม มีระดับมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.41 (SD = 0.783) รองลงมาคือ การกำหนดวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการที่ชัดเจน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.40 (SD = 0.771) และ ศึกษาผลกระทบและกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมก่อนดำเนินโครงการ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.39 (SD = 0.814) ส่วนคะแนนที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนน้อยที่สุด โครงการก่อสร้างเป็นไปตามแผนที่วางเอาไว้ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.94 (SD = 0.976) รองลงมาคือ การจำกัดน้ำหนักวัสดุในการขนส่ง ค่าเฉลี่ย 4.04 (SD = 0.987) และ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องปฏิบัติตามข้อบังคับในการใช้ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.05 (SD = 0.921) โดยแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากการเรียงลำดับค่าเฉลี่ยมากไปน้อย

3. องค์ประกอบการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากผู้ตอบแบบสอบถาม 407 ชุด และตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์จำนวน 27 ตัวแปร พบว่าทุกตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปรในการศึกษา จากสูตรการคำนวณของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ได้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง 0.3 ถึง 0.8 ซึ่งมีค่าเป็นไปตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.3 – 0.8

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) จากตัวแปรทั้งหมดด้วยวิธีการสกัดปัจจัย (PCA) ค่า KMO มีค่าเท่ากับ 0.946 ซึ่งมากกว่า 0.7 หมายถึงข้อมูลมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาวิเคราะห์ EFA และทดสอบ Bartlett's Test of Sphericity ที่ค่า (Chi-Square) เท่ากับ 10035.025 และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value) เท่ากับ 0.00 โดยที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายถึง จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามเมทริกซ์เอกภาพ จึงได้ว่าตัวแปร 27 ตัว แสดงให้เห็นว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 ผลการตรวจสอบ KMO และการทดสอบ Bartlett's

KMO Measure of Sampling Adequacy		0.946
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	10035.025
	df	351
	Sig.	0.000

ตารางที่ 5 ค่าลักษณะเฉพาะ (Eigenvalue) และความแปรปรวนรวม (Total Variance)

องค์ประกอบ	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	รวม	Variance (ร้อยละ)	Cumulative (ร้อยละ)	รวม	Variance (ร้อยละ)	Cumulative (ร้อยละ)
กลุ่มที่ 1	15.586	57.725	57.725	7.522	27.861	27.861
กลุ่มที่ 2	1.335	4.945	62.670	4.428	16.399	44.260
กลุ่มที่ 3	1.117	4.136	66.807	3.937	14.583	58.842
กลุ่มที่ 4	1.007	3.731	70.538	3.158	11.695	70.538

ในการสกัดองค์ประกอบ โดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ ด้วยการวิเคราะห์การหมุนแกนแบบตั้งฉากโดยใช้วิธีการแบบแวนริแมกซ์ จึงได้องค์ประกอบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบริหารโครงการก่อสร้างเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

พิจารณาจากองค์ประกอบที่มีค่าลักษณะเฉพาะ (Eigenvalue) ที่มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งค้นพบว่า มีทั้งหมด 4 องค์ประกอบ และสามารถให้ความหมายค่าความแปรปรวนทั้งหมดได้เท่ากับร้อยละ 70.538 ดังแสดงในตารางที่ 6

การจัดกลุ่มตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ที่ระดับ 0.50 ขึ้นไป โดยจัดตัวแปรไว้ในองค์ประกอบที่มีค่าสูงสุด [27] จึงสามารถจำแนกองค์ประกอบได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 การ

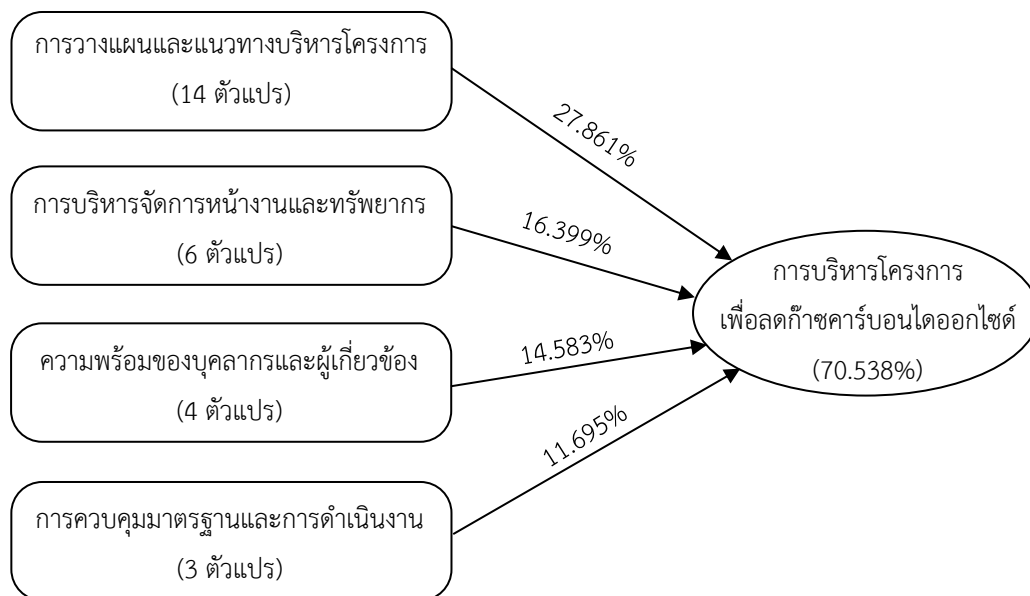
วางแผนและแนวทางบริหารโครงการ (14 ตัวแปร) กลุ่มที่ 2 การบริหารจัดการหน่วยงานและทรัพยากร (6 ตัวแปร) กลุ่มที่ 3 ความพร้อมของบุคลากรและผู้เกี่ยวข้อง (4 ตัวแปร) และกลุ่มที่ 4 การควบคุมมาตรฐานและการดำเนินงาน (3 ตัวแปร)

ตารางที่ 6 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ความแปรปรวนรวม (Variance) และความแปรปรวนสะสม (Cumulative)

รหัสตัวแปร	Factor Loading	Cronbach's Alpha	Variance (ร้อยละ)	Cumulative (ร้อยละ)
กลุ่มที่ 1 การวางแผนและแนวทางบริหารโครงการ (14 ตัวแปร)				
A17	0.724	0.957	57.725	57.725
A09	0.723			
A24	0.711			
A07	0.707			
A14	0.695			
A08	0.692			
A13	0.672			
A03	0.654			
A01	0.646			
A02	0.645			
กลุ่มที่ 1 การวางแผนและแนวทางบริหารโครงการ (14 ตัวแปร)				
A05	0.589	0.957	57.725	57.725
A16	0.570			
A11	0.544			
A22	0.532			
กลุ่มที่ 2 การบริหารจัดการหน่วยงานและทรัพยากร (6 ตัวแปร)				
A27	0.761	0.911	4.945	62.670
A10	0.674			
A15	0.661			
A26	0.628			
A18	0.625			
A19	0.506			
กลุ่มที่ 3 ความพร้อมของบุคลากรและผู้เกี่ยวข้อง (4 ตัวแปร)				
A20	0.814	0.871	4.136	66.807
A23	0.689			
A21	0.587			
A25	0.557			

ตารางที่ 6 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ความแปรปรวนรวม (Variance) และความแปรปรวนสะสม (Cumulative) (ต่อ)

รหัสตัวแปร	Factor Loading	Cronbach's Alpha	Variance (ร้อยละ)	Cumulative (ร้อยละ)
กลุ่มที่ 4 การควบคุมมาตรฐานและการดำเนินงาน (3 ตัวแปร)				
A06	0.779	0.753	3.731	70.538
A04	0.630			
A12	0.535			



ภาพ 1 องค์ประกอบการบริหารโครงการเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยการบริหารโครงการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางสามารถอธิบายความแปรปรวนรวมได้ร้อยละ 70.538 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูงและสะท้อนให้เห็นถึงความเหมาะสมของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจสามารถจำแนกปัจจัยออกเป็น 4 องค์ประกอบหลัก โดยเรียงลำดับตามค่า Eigenvalue จากมากไปน้อย ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีบทบาทสำคัญต่อการบริหารโครงการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการก่อสร้างอย่างแตกต่างกัน

องค์ประกอบที่ 1 คือ การวางแผนและแนวทางบริหารโครงการ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 14 ตัวแปร และเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การกำหนดนโยบายและวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง การจัดสรรงบประมาณด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงการบูรณาการเทคโนโลยีและวิธีก่อสร้างที่เหมาะสม ล้วนเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้โครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างเป็นระบบ องค์ประกอบนี้สะท้อนให้เห็นว่าการลดการปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ไม่ได้เกิดจากการดำเนินงานเฉพาะในโรงงานเท่านั้น แต่ต้องเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนเชิงกลยุทธ์ และการตัดสินใจด้านการบริหารโครงการในภาพรวม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Karlsson [18] พบว่าการวางแผนและการกำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนตั้งแต่เริ่มโครงการเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ได้

องค์ประกอบที่ 2 คือ การบริหารจัดการโรงงานและทรัพยากร ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 6 ตัวแปร โดยมุ่งเน้นการจัดการทรัพยากร วัสดุ และพลังงานในระหว่างการก่อสร้าง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การจัดการขยะในพื้นที่ก่อสร้าง การใช้วัสดุและเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การติดตามและบันทึกปริมาณวัสดุและเชื้อเพลิง รวมถึงการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมหลังปิดโครงการ มีส่วนช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Seo [19] ที่ชี้ให้เห็นว่าการติดตามการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการก่อสร้างเป็นกลไกสำคัญในการควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Zhang and Wang [24] ที่สะท้อนบทบาทของการบริหารจัดการเชิงปฏิบัติการโรงงาน ซึ่งเป็นจุดที่เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงมากที่สุดในช่วงการก่อสร้าง

องค์ประกอบที่ 3 คือ ความพร้อมของบุคลากรและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 4 ตัวแปร ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าประสบการณ์ของบุคลากร ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมของแรงงาน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้าง แม้จะเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถวัดผลได้โดยตรงในเชิงเทคนิค แต่กลับมีบทบาทสำคัญต่อการนำมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมไปปฏิบัติจริงอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับที่ Tang [16] พบว่าศักยภาพและคุณภาพของบุคลากรในภาคการก่อสร้างมีอิทธิพลต่อความสามารถในการดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับโครงการ และสอดคล้องกับ Seo [19] ที่ชี้ให้เห็นว่าพฤติกรรมและการปฏิบัติงานของบุคลากรในโรงงานมีผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

องค์ประกอบที่ 4 คือ การควบคุมมาตรฐานและการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปร แม้จะเป็นองค์ประกอบที่มีจำนวนตัวแปรน้อยที่สุด แต่ยังคงมีความสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเชิงการควบคุมและติดตามผล ผลการศึกษาพบว่า การปฏิบัติตามข้อบังคับและมาตรฐานด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม การดำเนินโครงการให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ และความสามารถในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ล้วนช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพของการดำเนินงานและลดความสูญเสียที่อาจนำไปสู่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มเติม ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Zhang and Wang [24] ที่ยืนยันว่าการควบคุมกระบวนการก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐานและแผนงานที่กำหนดไว้ช่วยลดความสูญเสียของทรัพยากรและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมที่ไม่จำเป็น

ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการบริหารโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการปัจจัยด้านการบริหารในหลายมิติ ตั้งแต่ระดับการวางแผนเชิงนโยบาย การจัดการโรงงานและทรัพยากร ความพร้อมของบุคลากรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ไปจนถึงการควบคุมมาตรฐานการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaewunruen [21] และ Lin [26] ที่ชี้ให้เห็นว่าโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางมีความซับซ้อนและมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากหลายกิจกรรมพร้อมกัน จึงจำเป็นต้องอาศัยกลไกการบริหารจัดการที่ครอบคลุมในทุกมิติเพื่อให้การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นได้จริงในทางปฏิบัติ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่าการบริหารโครงการก่อสร้างเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ต้องอาศัยการบูรณาการของหลายปัจจัยตั้งแต่ระดับการวางแผน การปฏิบัติงานในหน้างาน ความพร้อมของบุคลากร ไปจนถึงการควบคุมมาตรฐานการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดที่สำคัญคือ เน้นเฉพาะปัจจัยด้านการบริหารจัดการ ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้างยังมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้บริหารโครงการ โดยเฉพาะการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตวัสดุก่อสร้างในโรงงาน เช่น ซีเมนต์และเหล็ก ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรขยายขอบเขตให้ครอบคลุมปัจจัยด้านการผลิต เพื่อพัฒนาแนวทางการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโครงการก่อสร้างอย่างครบวงจรและยั่งยืน นอกจากนี้ การศึกษาในอนาคตควรเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพิ่มเติม โดยทำการศึกษากิจกรรมก่อสร้างในแต่ละช่วงของโครงการและวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแต่ละกิจกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถระบุกิจกรรมที่มีการปล่อย CO₂ สูงสุดและกำหนดมาตรการลดการปล่อยได้อย่างตรงจุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้สละเวลาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางด้วยความเมตตาเสมอมา จนส่งผลให้การศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press; 2021.
2. National Economic and Social Development Council. Master plan under the National Strategy (2018-2037) (revised edition) [summary] [Internet]. 2023 [cited 2025 Dec 20]. Available from: <https://www.nesdc.go.th/nsdc/main/>
3. International Union of Railways. Carbon footprint of railway infrastructure: Comparing existing methodologies on typical corridors – recommendations for harmonized approach. Paris: International Union of Railways; 2016.
4. Huang L, Krigsvoll G, Johansen F, Liu Y, Zhang X. Carbon emission of global construction sector. Renew Sustain Energy Rev. 2018;81:1906-16.
5. Akbarnezhad A, Xiao J. Estimation and minimization of embodied carbon of buildings: A review. Buildings. 2017;7(1):5.
6. Hwang BG, Ng WJ. Project management knowledge and skills for green construction: Overcoming challenges. Int J Proj Manag. 2013;31(2):272-84.
7. Kaewunruen S, Sussman JM, Einstein HH. Strategic framework to achieve carbon-efficient construction and maintenance of railway infrastructure systems. Front Environ Sci. 2015;3:6.
8. Yamane T. Statistics: An introductory analysis. 3rd ed. New York: Harper and Row; 1973.

9. Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Arch Psychol.* 1932;22(140):1-55.
10. Lawshe CH. A quantitative approach to content validity. *Pers Psychol.* 1975;28(4):563-75.
11. Tavakol M, Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha. *Int J Med Educ.* 2011;2:53-5.
12. Wanitbancha K. Structural equation modeling (SEM) with AMOS. 4th ed. Bangkok: Samlada Limited Partnership; 2019.
13. Allison PD. Multiple regression: A primer. Thousand Oaks: Pine Forge Press; 1999.
14. Barrett P. Structural equation modelling: Adjudging model fit. *Pers Individ Dif.* 2007;42(5):815-24.
15. Pett MA, Lackey NR, Sullivan JJ. Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research. Thousand Oaks: Sage; 2003.
16. Tang JR, Zhang BY, Wu LJ. Path analysis on the influence factors of construction carbon emissions and policy implications for Jiangsu in China. *Adv Mater Res.* 2012;524-527:2595-601.
17. Li S, Wu Q, Zheng Y, Sun Q. Study on the spatial association and influencing factors of carbon emissions from the Chinese construction industry. *Sustainability.* 2021;13(4):1728.
18. Karlsson I, Rootzén J, Johnsson F. Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains: Analysis of a Swedish road construction project. *Renew Sustain Energy Rev.* 2020;120:109651.
19. Seo MS, Kim T, Hong G, Kim H. On-site measurements of CO₂ emissions during the construction phase of a building complex. *Energies.* 2016;9(8):599.
20. Wang X, Duan Z, Wu L, Yang D. Estimation of carbon dioxide emission in highway construction: A case study in southwest region of China. *J Clean Prod.* 2015;103:705-14.
21. Kaewunruen S, Sresakoolchai J, Yu S. Global warming potentials due to railway tunnel construction and maintenance. *Appl Sci.* 2020;10(18):6459.
22. Ortega A, Blainey S, Preston J. Assessing whole-life carbon footprint of under sleeper pad installation for ballasted track. *J Transp Eng Part A Syst.* 2018;144(12):04018073.
23. Cho SH, Chae CU. A study on life cycle CO₂ emissions of low-carbon building in South Korea. *Sustainability.* 2016;8(6):579.
24. Zhang Z, Wang B. Research on the life-cycle CO₂ emission of China's construction sector. *Energy Build.* 2016;112:244-55.
25. Tirth V, Algarni S, Agarwal N, Saxena A. Greenhouse gas emissions due to the construction of residential buildings in Moradabad, India. *Appl Ecol Environ Res.* 2019;17(5):12111-26.
26. Lin J, Li H, Huang W, Xu W, Cheng S. A carbon footprint of high-speed railways in China: A case study of the Beijing-Shanghai line. *J Ind Ecol.* 2019;23(4):869-78.
27. Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE. Multivariate data analysis. 7th ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson Prentice Hall; 2010.