

การประเมินแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรสีเขียวสู่เป้าหมาย Carbon Neutrality และ Net-Zero ของประเทศไทย

Digital Platform for Green Agriculture: Driving Low-Carbon Economy toward Net-Zero in Thailand

ปณณรัตน์ วงศ์พัฒนานิภาส^{1*} อุทัย สำรวมจิตร์¹ และเศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์¹

Pannarat Wongpattananipas^{1*} Uthai Samruamjit¹ and Sethapong Wong-In¹

Received: November 8, 2025; Revised: January 14, 2026; Accepted: January 19, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สำหรับสินค้าเกษตรสีเขียว ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการลดรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) และขับเคลื่อนภาคเกษตรสู่เป้าหมาย Net-Zero ของประเทศไทย การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods) โดยเริ่มต้นจากการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ (Design Thinking) และเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน (เกษตรกรและผู้บริโภค) และการทดสอบต้นแบบ (Prototype Testing) ผลการวิเคราะห์ยืนยันว่าแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นสามารถบูรณาการฟังก์ชันการแสดงผล Carbon Footprint และระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) แสดงให้เห็นว่า ความชัดเจนของข้อมูล Carbon Footprint เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวกและสูงที่สุด ต่อความตั้งใจในการใช้แพลตฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\beta = 0.402$, $p < 0.001$) โดยความพึงพอใจโดยรวมของกลุ่มผู้ใช้ต่อแพลตฟอร์มอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 4.35$) งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าแพลตฟอร์มดิจิทัลทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust) และเป็นกลไกเชิงกลยุทธ์ในการเปลี่ยนผ่านภาคเกษตรกรรมเข้าสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Green Economy) และสนับสนุนนโยบาย Net-Zero ของประเทศอย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มดิจิทัล; รอยเท้าคาร์บอน; การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์; สินค้าเกษตรสีเขียว; เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

¹ Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

* Corresponding Author, Tel. 08 5593 5525, E - mail: sethapong@vru.ac.th

Abstract

This research aimed to develop and evaluate a specialized digital platform for green agricultural products, serving as a critical mechanism to reduce the Carbon Footprint (CFP) and propel the farm sector towards Thailand's national Net-Zero goal. The study employed a mixed-methods research design, beginning with a user-centered approach inspired by Design Thinking to develop a functional prototype. Quantitative data were collected from a sample of 400 participants —200 farmers and 200 consumers —alongside qualitative insights from prototype testing. The results confirm that the developed platform successfully integrates essential functions, including the clear display of product Carbon Footprint information and a robust traceability system. Multiple Regression analysis indicated that the clarity of Carbon Footprint information had the most significant influence on user trust and purchasing intention ($\beta=0.402$, $p<0.001$). Furthermore, overall user satisfaction with the platform was high ($\bar{X} = 4.35$, out of 5.00). In conclusion, this digital platform is a vital infrastructure component for establishing environmental trust between producers and consumers, providing transparent data on low-carbon products, and accelerating Thailand's agricultural economy's transition towards a sustainable, Net-Zero future. The findings underscore the importance of integrating verifiable environmental metrics into e-commerce for green commodities.

Keywords: Digital Platform; Carbon Footprint; Net-Zero; Green Agricultural Products; Low-Carbon Economy

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ได้กลายเป็นความท้าทายเชิงโครงสร้างในระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ สภาพแวดล้อม และความมั่นคงด้านอาหารอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาคเกษตรกรรม ซึ่งเป็นภาคส่วนที่มีความเปราะบางต่อความผันผวนของสภาพอากาศ และยังเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก ภายใต้ฉันทามติระดับโลกของความตกลงปารีส (Paris Agreement) ประเทศไทยได้แสดงเจตนารมณ์อันแน่วแน่ในการกำหนดเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net-Zero Emissions) ภายในกลางศตวรรษ การบรรลุเป้าหมายเหล่านี้จึงเรียกร้องให้เกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ทางเศรษฐกิจครั้งใหญ่ โดย Rogelj (2023) ได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นของการบูรณาการเป้าหมาย Net-Zero เข้ากับนโยบายและการปฏิบัติการในทุกภาคส่วนอย่างเร่งด่วน การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Economy) จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสร้างความสมดุลระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมตามที่ United Nations Environment Programme (UNEP, 2011) ได้นำเสนอแนวคิด เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ไว้ โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมการผลิตและการค้าสินค้าเกษตรสีเขียว (Green Agricultural Products) ซึ่งมีการลดการใช้สารเคมีและการลดการปล่อยคาร์บอนตลอดห่วงโซ่คุณค่า

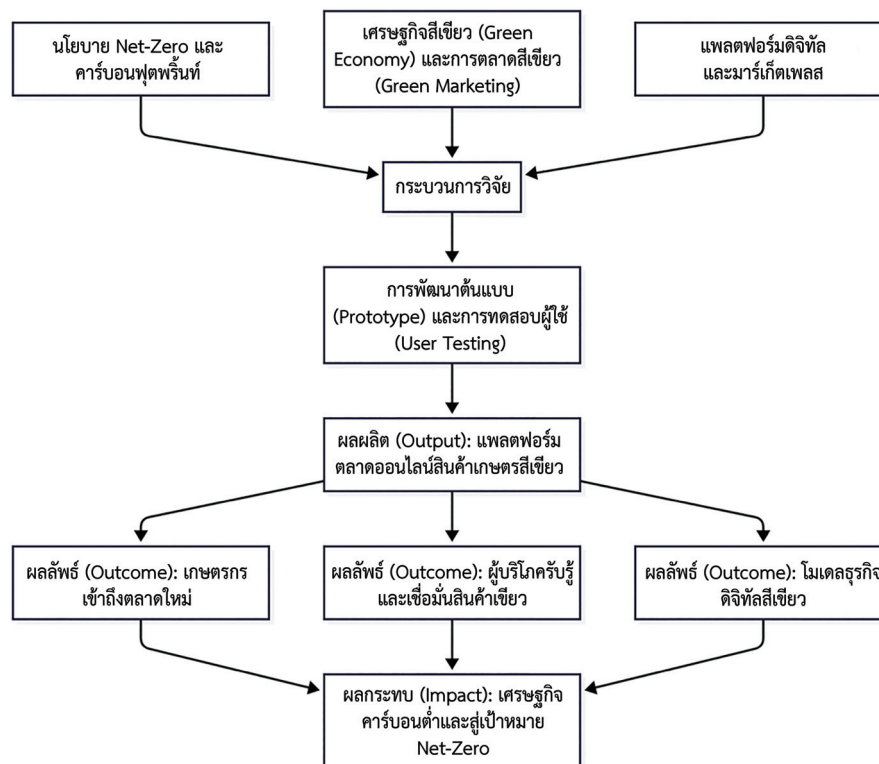
ในบริบทของการวัดผลและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม รอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint: CFP) ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่จำเป็นในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกมาโดยตรงและโดยอ้อมจากผลิตภัณฑ์หรืองานบริการ งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาจึงมุ่งเน้นการตรวจสอบบทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนความยั่งยืน งานวิจัยของ Yao et al. (2025) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการประยุกต์ใช้การปฏิบัติการเกษตรดิจิทัล (Digital Agriculture Practices) มีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคเกษตรกรรมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Yang and Wang (2025) ยังได้ตอกย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัลในพื้นที่ชนบท ในการเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคเกษตร

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่มีโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลที่กำลังเติบโต อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติการนำข้อมูล CFP ไปใช้ในเชิงการตลาดยังคงเผชิญกับข้อจำกัดหลัก คือ ปัญหาความไม่สมมาตรของข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Information Asymmetry) โดย Chen (2015) ได้เน้นย้ำว่า ความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust) เป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าสีเขียวของผู้บริโภค เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถตรวจสอบการกล่าวอ้างความเป็นสีเขียวได้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้ผลิตที่ลงทุนในการลดคาร์บอนไม่ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่า ซึ่งเป็นการบั่นทอนแรงจูงใจในการปรับตัว

ด้วยเหตุนี้ แพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platform) และตลาดดิจิทัล (Digital Marketplace) จึงได้เข้ามา มีบทบาทเชิงกลยุทธ์ในการเป็นโครงสร้างพื้นฐานใหม่ที่สามารถแก้ไขปัญหาค่าความไม่สมมาตรของข้อมูลดังกล่าวได้ แพลตฟอร์มเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการปรับเปลี่ยนห่วงโซ่อุปทาน โดยทำหน้าที่เป็นเครือข่ายความร่วมมือที่ช่วยให้ผู้มีส่วนร่วมนสามารถบูรณาการทรัพยากรเข้าด้วยกันเพื่อสร้างมูลค่าร่วม (Value Co-Creation) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสร้างแพลตฟอร์มสีเขียว (Green Digital Platform) ที่รวมฟังก์ชัน ตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ฉลากสิ่งแวดล้อม และข้อมูล CFP เข้าด้วยกัน ซึ่ง Wang et al. (2025) ได้ดำเนินการวิจัยเชิงประจักษ์ถึงสองชั้นและชี้ให้เห็นว่า การแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์บนแพลตฟอร์ม E-Commerce เป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนความตั้งใจของผู้บริโภคให้เป็นพฤติกรรมการซื้อสินค้าสีเขียวที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งเป็นการลดช่องว่างระหว่างความตั้งใจและพฤติกรรม (Intention-Behavior Gap) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักการของทฤษฎีคุณค่าที่รับรู้ (Perceived Value Theory) ที่ผู้บริโภคสมัยใหม่จะประเมินคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับคุณค่าเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตาม ในบริบทของประเทศไทย การนำแพลตฟอร์มดิจิทัลมาใช้ยังคงมีอุปสรรคสำคัญ โดย Amornkitvikai et al. (2022) ได้ทำการวิเคราะห์และระบุปัจจัยและอุปสรรคที่ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของการค้าออนไลน์ (E-Commerce Sustainability) ในกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (MSMEs) ของไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาด้านการขาดแคลนทรัพยากร การขาดทักษะด้านดิจิทัล (Digital Literacy) และความรู้ด้านการตลาดออนไลน์ ที่ยังไม่เพียงพอ อุปสรรคเหล่านี้เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงช่องว่างทางวิชาการและปฏิบัติการ (Research and Practical Gap) ที่สำคัญ กล่าวคือ แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ยืนยันถึงความสำคัญของข้อมูล CFP และแพลตฟอร์มดิจิทัล แต่ยังขาดการพัฒนาและการประเมิน แพลตฟอร์มดิจิทัลแบบบูรณาการ ที่ได้รับการออกแบบด้วยแนวคิดที่ยืดหยุ่นอย่าง Low-Code/No-Code (LCNC) และ Design Thinking เพื่อลดอุปสรรคทางเทคนิคและเร่งรัดการสร้างต้นแบบ (Rapid Prototyping) ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกรและผู้บริโภคในประเทศ งานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการพัฒนาแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียวที่ผนวกข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและระบบ Traceability เข้ากับแนวทางการพัฒนาแบบ LCNC โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาและนำเสนอแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สำหรับสินค้าเกษตรสีเขียวที่บูรณาการฟังก์ชันการแสดงผล Carbon Footprint และระบบตรวจสอบย้อนกลับ (2) ประเมินคุณภาพแพลตฟอร์มในด้านการสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและเป้าหมาย Net-Zero และ (3) ศึกษาความพึงพอใจและปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงสถิติต่อความตั้งใจในการใช้แพลตฟอร์มของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งจะเป็นการสร้างกลไกที่โปร่งใสและนำไปสู่การขับเคลื่อนภาคเกษตรไทยให้บรรลุเป้าหมาย Carbon Neutrality และ Net-Zero ได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

รูปที่ 1 กรอบการวิจัยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า ได้แก่ นโยบาย Net-Zero และการจัดการรอยเท้าคาร์บอน แนวคิดเศรษฐกิจสีเขียวและการตลาดสีเขียว และแพลตฟอร์มดิจิทัลและมาร์เก็ตเพลส ซึ่งถูกนำเข้าสู่กระบวนการวิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบต้นแบบแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียว ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วย การสร้างแพลตฟอร์มออนไลน์ (Output) ที่นำไปสู่ผลลัพธ์ (Outcome) ในสามมิติ คือ เกษตรกรสามารถเข้าถึงตลาดใหม่ ผู้บริโภคมีการรับรู้และเชื่อมั่นในสินค้าเขียว และเกิดโมเดลธุรกิจดิจิทัลสีเขียวที่ยั่งยืน สุดท้ายส่งผลกระทบต่อ การขับเคลื่อนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและสนับสนุนเป้าหมาย Net-Zero ของประเทศ



รูปที่ 1 กรอบการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ที่ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่รอบด้านและสมบูรณ์ โดยผสมการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในขั้นตอนการออกแบบเชิงผู้ใช้ (User-Centered Design) และกรอบการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เพื่อพัฒนาและสร้างต้นแบบแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียว ที่สามารถบูรณาการการแสดงผลรอยเท้าคาร์บอนและระบบตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นจึงใช้การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ผ่านการสำรวจ (Survey) และการทดสอบต้นแบบ (Prototype Testing) กับกลุ่มตัวอย่างรวม 400 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจและตรวจสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงสถิติ (Multiple Regression) ต่อความตั้งใจในการใช้แพลตฟอร์ม การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็นสองระยะหลัก ได้แก่ การพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์มและการประเมินผล เพื่อนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นข้อเสนอแนะที่สามารถสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและเป้าหมาย Net-Zero ของประเทศอย่างเป็นรูปธรรม

1. การออกแบบและระเบียบวิธีวิจัย (Research Design and Methodology)

งานวิจัยนี้ถูกกำหนดให้อยู่ในกรอบของการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการการพัฒนาทางเทคโนโลยีและการประเมินผลเชิงประจักษ์เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ การเลือกใช้ระเบียบวิธีนี้มีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ที่มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อแก้ไขปัญหาความยั่งยืนในห่วงโซ่อุปทานเกษตรกรรม โดยในระยะแรกของการวิจัย (Exploratory/Qualitative Phase) ได้ประยุกต์ใช้กรอบการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เป็นแนวทางหลักในการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพและทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้งาน (User-Centered) อย่างลึกซึ้ง ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการสร้าง empathy การกำหนดปัญหา (Define) การระดมความคิด (Ideate) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test) เพื่อให้มั่นใจว่าแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยี Low-Code/No-Code นั้นสามารถบูรณาการการแสดงผลรอยเท้าคาร์บอนและระบบตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างสอดคล้องกับพฤติกรรมและ

ความคาดหวังของเกษตรกรและผู้บริโภคได้อย่างแท้จริง ส่วนในระบะที่สอง (Quantitative Phase) ได้ใช้ระเบียบวิธีเชิงปริมาณ ผ่านการสำรวจและการทดลองภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่างรวม 400 คน โดยมุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มและตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างตัวแปรที่สำคัญ เช่น ความชัดเจนของข้อมูล CFP และความน่าเชื่อถือของ Traceability ต่อความพึงพอใจและความเชื่อมั่นของผู้ใช้งาน ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การออกแบบวิจัยแบบสองระยะนี้จึงรับประกันได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะไม่เพียงแต่ให้ความเข้าใจเชิงลึกในกลไกการยอมรับเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังสร้างเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือและตอบโจทย์การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำของประเทศได้อย่างยั่งยืน

ประชากรเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลักเพื่อให้ครอบคลุมมิติของห่วงโซ่คุณค่าสินค้าเกษตรสีเขียว คือ กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าเกษตรสีเขียวที่มีการรับรองมาตรฐานด้านความยั่งยืน และกลุ่มผู้บริโภคสินค้าเกษตรสีเขียวในเขตพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ซึ่งถูกคัดเลือกเนื่องจากเป็นพื้นที่วิจัยที่สะท้อนทั้งภาคการผลิตและการบริโภคสินค้าเกษตรสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการวิจัยเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 400 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิต เช่น ผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ ผักปลอดสาร และผลไม้ที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP หรือ Carbon Footprint จำนวน 200 คน และกลุ่มผู้บริโภคสินค้าเกษตรสีเขียว โดยเฉพาะกลุ่มที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองและมีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม จำนวน 200 คน การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คนนี้ถือว่าเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติ ตามเกณฑ์ของ Krejcie และ Morgan (1970) และถูกคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ควบคู่กับการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Sampling) เพื่อให้ได้ตัวแทนที่สะท้อนความหลากหลายของทั้งพื้นที่และประเภทสินค้าอย่างเหมาะสมและเพิ่มความเที่ยงตรงของข้อมูล นอกจากนี้ในส่วนของการวิจัยเชิงคุณภาพได้มีการเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 15 - 20 คน ประกอบด้วยเกษตรกรผู้ผลิตสินค้าสีเขียว ผู้นำกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมและดิจิทัลแพลตฟอร์ม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่จำเป็นในการอธิบายรายละเอียดและสังเคราะห์แนวทางการพัฒนาแพลตฟอร์มต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้ดำเนินการตามแนวทาง Sequential Mixed-Methods Design เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งเชิงกว้างและเชิงลึก โดยเริ่มต้นจากขั้นตอนเชิงปริมาณ ด้วยการใช้แบบสอบถามเชิงสำรวจ (Survey Questionnaire) กับกลุ่มตัวอย่างรวม 400 ชุด (เกษตรกร 200 คน และผู้บริโภค 200 คน) ซึ่งดำเนินการผ่านการแจกในพื้นที่และช่องทางออนไลน์ (Google Form) ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปและพฤติกรรม และใช้สถิติเชิงอนุมาน โดยเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและดิจิทัลที่มีต่อความตั้งใจในการใช้แพลตฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญ ควบคู่กันไป ขั้นตอนเชิงคุณภาพ ได้ใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียรวม 20 คน (เกษตรกร ผู้นำกลุ่ม และผู้เชี่ยวชาญ) ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ถูกนำมาถอดความและวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสังเคราะห์ประเด็นหลักและใช้ในการอธิบายผลเชิงปริมาณให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในขั้นตอนสุดท้ายการพัฒนาและทดสอบต้นแบบ (Prototype Testing) ดำเนินการโดยนำต้นแบบ High-fidelity ที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับผู้ใช้งานจริง 30 คน เพื่อเก็บข้อมูลความพึงพอใจและความสะดวกในการใช้งาน (Usability) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณ (Post-test Questionnaire) และเชิงคุณภาพ (สัมภาษณ์สั้น ๆ) เพื่อปรับปรุงต้นแบบและจัดทำดัชนีประเมินความพึงพอใจ (Satisfaction Index) ก่อนสรุปผลการวิจัยทั้งหมด

2. ขั้นตอนการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัล

การพัฒนาแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียวดำเนินการภายใต้กรอบแนวคิด Design Thinking และ User-Centered Design (UCD) ซึ่งเป็นกระบวนการทำซ้ำ (Iterative Process) ที่เริ่มต้นจากขั้นตอน Empathize และ Define โดยการรวบรวมและสรุปความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งาน (เกษตรกรและผู้บริโภค) และกำหนดโจทย์วิจัยที่เน้นการแก้ปัญหาการขาดช่องทางที่น่าเชื่อถือในการสื่อสารคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม จากนั้นในขั้นตอน Ideate ทีมวิจัยได้ร่วมกันระดมความคิดเพื่อกำหนดฟีเจอร์หลักที่สำคัญ เช่น ระบบแสดงข้อมูล รอยเท้าคาร์บอน (CFP) ระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) และฟังก์ชันตลาดออนไลน์ที่รองรับผู้ใช้งานสามกลุ่มหลัก (เกษตรกร/ผู้ขาย ผู้บริโภค/ผู้ซื้อ

และผู้ดูแลระบบ) การสร้างต้นแบบ (Prototype) ดำเนินการในสองระดับ คือ Low-Fidelity (ผ่านเครื่องมือ เช่น Figma) และ High-Fidelity Prototype ซึ่งถูกพัฒนาโดยใช้ Low-Code Framework เช่น Laravel + Vue.js กลยุทธ์การพัฒนาแบบ Low-Code/No-Code นี้ถือเป็นนวัตกรรมเชิงกระบวนการที่สำคัญในการเร่งรัดการสร้างต้นแบบ (Rapid Prototyping) และเพิ่มความยืดหยุ่นในการพัฒนาต่อยอด ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำไปผ่านขั้นตอน Test & Iterate โดยการทดสอบกับผู้ใช้จริง 30 คน เพื่อประเมินความสะดวกในการใช้งาน (Usability) และความพึงพอใจ ก่อนที่จะถูกนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อการประเมินผลขั้นสุดท้าย โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 แนวคิดการออกแบบ (Design Thinking)

แนวคิดการออกแบบถูกนิยามว่าเป็นระเบียบวินัยที่ใช้ความรู้สึกรู้สึกนึกคิดและวิธีการของนักออกแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้คนด้วยสิ่งที่สามารถทำได้ในทางเทคโนโลยี และมีความเป็นไปได้ในเชิงกลยุทธ์ทางธุรกิจ เพื่อสร้างคุณค่าให้กับลูกค้าและโอกาสทางการตลาด โดยเป็นแนวทางนวัตกรรมที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered) ซึ่งบูรณาการความต้องการของผู้คน ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี และความอยู่รอดทางธุรกิจเข้าด้วยกันอย่างลงตัว

Brown (2008) อธิบายว่ากระบวนการออกแบบไม่ใช่ขั้นตอนที่เรียงลำดับเป็นเส้นตรง แต่เป็นระบบของพื้นที่ (Spaces) ที่ทับซ้อนกัน ประกอบด้วย

- พื้นที่แห่งแรงบันดาลใจ (Inspiration) คือสถานการณ์หรือปัญหาที่กระตุ้นให้เกิดการแสวงหาทางออก

- พื้นที่แห่งการสร้างสรรค์ไอเดีย (Ideation) คือกระบวนการสร้าง พัฒนา และทดสอบแนวคิด
- พื้นที่แห่งการนำไปปฏิบัติ (Implementation) คือการกำหนดเส้นทางเพื่อนำนวัตกรรมไปสู่ตลาด

กระบวนการนี้ขับเคลื่อนด้วยการทำความเข้าใจความต้องการของผู้คนอย่างถ่องแท้ผ่านการสังเกตโดยตรง และอาศัยวงจรการทำงานที่ทำซ้ำ (Iterative Cycles) ของการสร้างต้นแบบ การทดสอบ และการปรับปรุง โดยการสร้างต้นแบบ (Prototyping) มีเป้าหมายสำคัญเพื่อเรียนรู้จุดแข็งและจุดอ่อนของแนวคิดมากกว่าการทำให้เสร็จสมบูรณ์

ในบริบทของการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (Digital Transformation) Cherepanov and Popov (2024) เน้นย้ำว่าแนวคิดการออกแบบช่วยให้เกิดแนวทางปฏิบัติใหม่ ๆ ในบริบททางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงไป โดยอาศัยความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) และการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ การออกแบบถูกมองว่าเป็นแนวปฏิบัติทางการจัดการที่สำคัญในการสร้างกระบวนการใหม่ที่ได้รับการสนับสนุนทางดิจิทัล นอกจากนี้ข้อมูล (Data) ยังถือเป็นส่วนประกอบที่มีค่าที่สุดประการหนึ่งในกระบวนการออกแบบและนวัตกรรมสมัยใหม่ ซึ่งช่วยในการแก้ปัญหาที่นิยามได้ยาก และต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ทำให้การออกแบบมีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล

2.2 กลไกการทำงานและองค์ประกอบของแพลตฟอร์ม (Platform Mechanism)

แพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ในการลดความไม่สมมาตรของข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Information Asymmetry) โดยเปลี่ยนจากการใช้ข้อมูลแบบคงที่ (Static) เป็นการจัดการข้อมูลดิจิทัลที่พลวัต (Dynamic) เพื่อสนับสนุนเป้าหมาย Net-Zero กลไกการทำงานของแพลตฟอร์มประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

- 1) สถาปัตยกรรมระบบและกลุ่มผู้ใช้งาน (System Architecture and User Roles) แพลตฟอร์มถูกพัฒนาด้วยเฟรมเวิร์ก Laravel และ Vue.js ภายใต้แนวคิด Low-Code/No-Code (LCNC) เพื่อความยืดหยุ่นในการพัฒนาต่อยอดและลดอุปสรรคทางเทคนิคสำหรับผู้ใช้ในชุมชน โดยแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

- เกษตรกร (Farmer/Seller) ผู้ป้อนข้อมูลกิจกรรมการผลิตและจัดการหน้าร้าน
- ผู้บริโภค (Consumer/Buyer) ผู้เข้าถึงข้อมูลสิ่งแวดล้อมเพื่อประกอบการตัดสินใจซื้อ
- ผู้ดูแลระบบ (Admin) ผู้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและมาตรฐานการรับรอง

- 2) กลไกการจัดการข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Environmental Data Management) เพื่อให้ระบบมีความน่าเชื่อถือ แพลตฟอร์มได้กำหนดกระบวนการจัดการข้อมูล (Data Workflow) ไว้ดังนี้

- การป้อนข้อมูล (Data Inputting) เกษตรกรจะป้อนข้อมูลกิจกรรมการผลิต (Activity Data) ผ่านระบบ Dashboard ได้แก่ วันที่เพาะปลูก ระยะเวลาใส่ปุ๋ย และวันเก็บเกี่ยว รวมถึงระบุข้อมูลแหล่งน้ำ และประเภทของปุ๋ยที่ใช้ (ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยชีวภาพ) ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปคำนวณเป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) โดยอัตโนมัติ

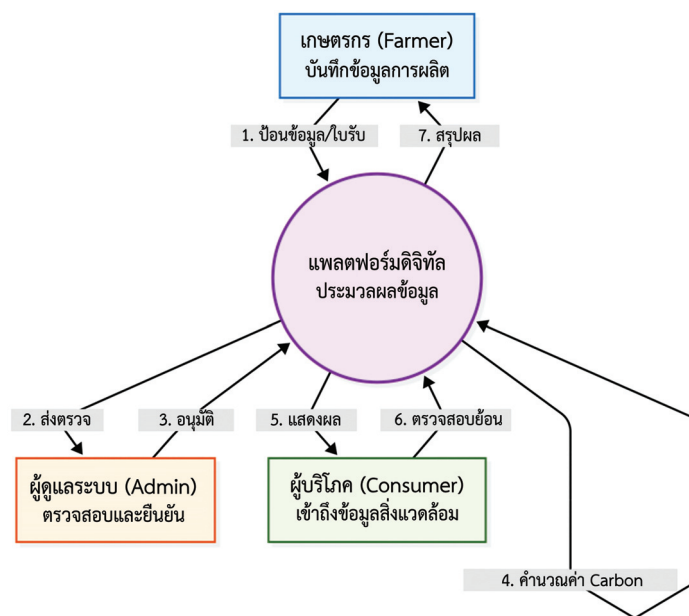
- การอัปเดตข้อมูล (Data Updating) ระบบรองรับการอัปเดตสถานะการผลิตตามเวลาจริง (Real-Time Update) และมีการแจ้งเตือนเมื่อใบรับรองมาตรฐานสิ่งแวดล้อมใกล้หมดอายุ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลความเป็นสีเขียวของสินค้าเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

- การตรวจสอบความถูกต้อง (Data Verification) ข้อมูลจะถูกตรวจสอบผ่านระบบการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ซึ่งแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ในแต่ละขั้นตอนการผลิต และผู้ดูแลระบบจะทำหน้าที่ยืนยันเอกสารรับรองมาตรฐานสิ่งแวดล้อม (Certification) ก่อนที่สัญลักษณ์การตรวจสอบจะปรากฏบนหน้าจอผู้บริโภค

3) ฟังก์ชันการสื่อสารค่าคาร์บอนและผลลัพธ์ (Front-End Display) ข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบจะถูกแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายเพื่อสร้างความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust)

- การแสดงผลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CFP Display) แสดงตัวเลขปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจนบนหน้าจอรายละเอียดสินค้า

- ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (KPI Dashboard) สำหรับเกษตรกร ระบบจะสรุปผลกระทบเชิงบวก เช่น ปริมาณคาร์บอนที่ลดหรือชดเชยได้ เพื่อเป็นแรงจูงใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เข้าสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ



รูปที่ 2 กลไกการทำงานบูรณาการของแพลตฟอร์ม

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานบูรณาการของแพลตฟอร์ม ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อลดปัญหาความไม่สมมาตรของข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Information Asymmetry) และสร้างความเชื่อมั่นระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคผ่านกระบวนการหลัก 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เกษตรกร (Farmer) บันทึกข้อมูลกิจกรรมการผลิต (Activity Data) เช่น วันที่เพาะปลูก ประเภทปุ๋ย และแหล่งน้ำ พร้อมแนบใบรับรองมาตรฐานสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ

ขั้นตอนที่ 2 - 3 แพลตฟอร์มส่งต่อข้อมูลให้ผู้ดูแลระบบ (Admin) ตรวจสอบความถูกต้องและสถานะของใบรับรองมาตรฐาน (GAP หรือ Organic Thailand) เพื่ออนุมัติสถานะการรับรองก่อนนำเสนอสู่สาธารณะ

ขั้นตอนที่ 4 แพลตฟอร์มดำเนินการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint) โดยอัตโนมัติจากข้อมูลกิจกรรมที่ได้รับ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการเปลี่ยนกระบวนการที่เคยอาศัยมนุษย์ (Analog) ให้เป็นกระบวนการดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสูง

ขั้นตอนที่ 5 - 6 ระบบแสดงผลค่า Carbon Footprint (CFP) และข้อมูลการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ไปยังผู้บริโภค (Consumer) ช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตรวจสอบแหล่งที่มาและประวัติผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง เพื่อสร้างความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust)

ขั้นตอนที่ 7 ระบบประมวลผลสรุปตัวชี้วัดความสำเร็จ (KPIs) เช่น ปริมาณคาร์บอนที่ลดหรือชดเชยได้ ส่งกลับไปยังหน้าแดชบอร์ดของเกษตรกร เพื่อเป็นแรงจูงใจเชิงบวก (Positive Incentive) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) และเป้าหมาย Net-Zero

2.3 การสร้างต้นแบบ (Prototyping)

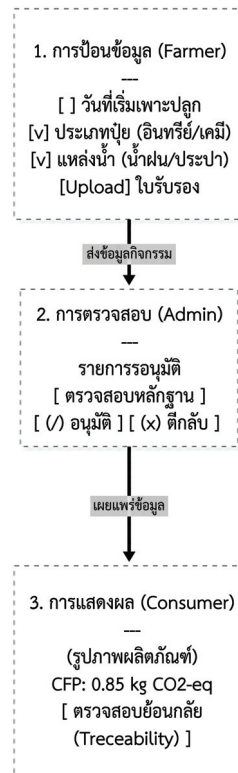
การสร้างต้นแบบในการวิจัยนี้ดำเนินการตามกระบวนการทำซ้ำ (Iterative Process) ภายใต้แนวคิดการออกแบบที่ผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-Centered Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนกรอบแนวคิดเชิงนามธรรมให้เป็นนวัตกรรมดิจิทัลที่จับต้องได้และทดสอบได้จริง ผู้วิจัยได้พัฒนาโครงร่างต้นแบบความละเอียดต่ำ (Low-Fidelity Wireframe) ดังรูปที่ 3 เพื่อกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงาน (Workflow) และสถาปัตยกรรมข้อมูลก่อนการพัฒนาเป็นระบบจริง โดยกลไกการทำงานของต้นแบบประกอบด้วยสาระสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1) กลไกการป้อนข้อมูลและจัดการสถานะ (Farmer Input & Data Updating) ต้นแบบส่วนที่ 1 ถูกออกแบบให้เป็นหน้าจอจัดการสินค้าสำหรับเกษตรกร ซึ่งรองรับการป้อนข้อมูลกิจกรรมการผลิต (Data Inputting) ที่จำเป็นต่อการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่ วันที่เพาะปลูก/เก็บเกี่ยว ประเภทปุ๋ย (อินทรีย์/เคมี) และแหล่งน้ำ (น้ำฝน/ชลประทาน) นอกจากนี้ระบบยังเปิดให้มีการอัปเดตใบรับรองมาตรฐาน (GAP หรือ Organic Thailand) เพื่อเป็นหลักฐานประกอบ สำหรับการอัปเดตข้อมูล (Data Updating) ระบบถูกออกแบบให้เกษตรกรสามารถแก้ไขข้อมูลกิจกรรมการผลิตได้ตลอดวงจรการเพาะปลูก เพื่อให้สถานะคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนหน้าจอเป็นปัจจุบัน (Real-Time Update) และรองรับการแก้ไขข้อมูลในกรณีที่มีการแจ้งเตือนจากผู้ดูแลระบบ

2) กลไกการตรวจสอบความถูกต้อง (Admin Verification) ต้นแบบส่วนที่ 2 คือหน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยกำกับดูแลข้อมูล (Data Governance) กลไกสำคัญคือ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Data Verification) โดยผู้ดูแลระบบจะทำการตรวจสอบหลักฐานใบรับรองที่เกษตรกรอัปโหลดเข้าสู่ระบบ เทียบกับฐานข้อมูลของหน่วยงานผู้ออกใบรับรอง ระบบมีฟังก์ชันการพิจารณา อนุมัติ เพื่อเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณะ หรือตีกลับ พร้อมระบุเหตุผลเพื่อให้เกษตรกรดำเนินการอัปเดตข้อมูลให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการป้องกันการฟอกเขียว (Greenwashing) และสร้างความโปร่งใส

3) กลไกการแสดงผลและตรวจสอบย้อนกลับ (Consumer Display & Traceability) ต้นแบบส่วนที่ 3 คือส่วนการแสดงผลสำหรับผู้บริโภคที่บูรณาการค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (0.85 kg CO₂-eq) เข้ากับฉลากผลิตภัณฑ์ โดยมีปุ่มตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability Button) เป็นฟังก์ชันหลักที่เชื่อมโยงผู้บริโภคกลับไปยังหน้าจอประวัติการผลิตและหลักฐานการตรวจสอบความถูกต้อง กลไกนี้ทำหน้าที่เป็น การส่งสัญญาณด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Signaling) เพื่อลดปัญหาความไม่สมมาตรของข้อมูลและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค

ในขั้นตอนการพัฒนาจากโครงร่างต้นแบบสู่ระบบที่ใช้งานได้จริง (High-Fidelity Prototype) ผู้วิจัยได้ใช้เฟรมเวิร์กประเภท Low-Code/No-Code (LCNC) ได้แก่ Laravel และ Vue.js ซึ่งช่วยให้เกิดการสร้างต้นแบบที่รวดเร็ว (Rapid Prototyping) และมีความยืดหยุ่นสูงในการปรับปรุงฟังก์ชันตามข้อเสนอแนะจากการทดสอบกับผู้ใช้จริง 30 คน เพื่อให้มั่นใจว่าแพลตฟอร์มสามารถขับเคลื่อนเป้าหมาย Net-Zero ของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3 โครงร่างต้นแบบความละเอียดต่ำ (Low-Fidelity Wireframe)

3. ขั้นตอนการประเมินผลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ดำเนินการตามระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสานลำดับก่อน-หลัง (Sequential Mixed-Methods Design) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างลึกซึ้ง โดยแบ่งกระบวนการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะหลัก ดังนี้

ระยะที่ 1 การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Phase) ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการสำรวจความคิดเห็นด้วยแบบสอบถามเชิงสำรวจ (Survey Questionnaire) จากกลุ่มตัวอย่างรวม 400 คน แบ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรสินค้าเกษตรสีเขียว 200 คน และกลุ่มผู้บริโภคที่มีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม 200 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) ตั้งแต่ระดับน้อยที่สุด (1) ถึงมากที่สุด (5) โดยมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้งานแพลตฟอร์ม ตัวอย่างข้อคำถามสำคัญในแบบสอบถาม ได้แก่

- ด้านความชัดเจนของข้อมูล การแสดงผลคาร์บอนเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) บนหน้าจอผลิตภัณฑ์มีความชัดเจนและช่วยให้ท่านเปรียบเทียบคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมได้ง่ายขึ้น
- ด้านความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม ระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ของแพลตฟอร์มช่วยให้ท่านมั่นใจว่าข้อมูลแหล่งที่มาของสินค้ามีความถูกต้องและเชื่อถือได้
- ด้านความตั้งใจในการใช้งาน ท่านมีความตั้งใจที่จะใช้แพลตฟอร์มนี้เป็นช่องทางหลักในการซื้อหรือขายสินค้าเกษตรสีเขียวในอนาคต

ระยะที่ 2 การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Phase) ภายหลังจากเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) กับผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม ผู้แทนกลุ่มเกษตรกร และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียรวม 20 คน วัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลเชิงลึกมาใช้ในการตีความและขยายความผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเฉพาะประเด็นเรื่องอุปสรรคเชิงโครงสร้างและแรงจูงใจในการเข้าสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ ตัวอย่างประเด็นคำถามในการสัมภาษณ์ ได้แก่

- กลุ่มผู้บริโภค ข้อมูลดิจิทัลเรื่องรอยเท้าคาร์บอนบนแพลตฟอร์ม มีส่วนช่วยลดความกังวลใจเรื่อง การฟอกเขียว (Greenwashing) และส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของท่านอย่างไร?

- กลุ่มเกษตรกร ปัจจัยใดคือแรงจูงใจสำคัญที่ทำให้ท่านยอมปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตดั้งเดิมไปสู่ แนวทางเกษตรคาร์บอนต่ำผ่านการใช้งานแพลตฟอร์มนี้?

ระยะที่ 3 การทดสอบและประเมินต้นแบบ (Prototype Testing Phase) ในระยะสุดท้าย ผู้วิจัยได้นำ ต้นแบบแพลตฟอร์มระดับสูง (High-Fidelity Prototype) ที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งานจริง 30 คน โดยใช้ วิธีการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานจริงร่วมกับการใช้แบบสอบถามสั้นและการสัมภาษณ์หลังการทดสอบ เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพการใช้งาน (User Experience: UX) และคำนวณดัชนีความสะดวกในการใช้งาน (Usability Index) ตัวอย่างประเด็นการประเมิน ได้แก่

- ดัชนีการสนับสนุน Net-Zero ฟังก์ชันระบบรายงานผลสรุปคาร์บอน (Carbon Dashboard) สามารถกระตุ้นให้ท่านเกิดพฤติกรรมการผลิตหรือการบริโภคที่ยั่งยืนได้จริง

- ความสะดวกในการใช้งาน ขั้นตอนการป้อนและอัปเดตข้อมูลกิจกรรมการผลิตสำหรับเกษตรกร มีความซับซ้อนน้อยและสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองอย่างราบรื่น

ผลการวิจัย

หัวข้อนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน โดยจะรายงานผลลัพธ์ในส่วนหลักตามลำดับ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ทศนคติของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผลการทดสอบสมมติฐานหลักด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้แพลตฟอร์ม ตามด้วยผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ที่ได้จากการ สัมภาษณ์เชิงลึก และปิดท้ายด้วยผลการพัฒนาและทดสอบต้นแบบแพลตฟอร์ม เพื่อประเมินคุณภาพในการสนับสนุน เป้าหมาย Net-Zero และความพึงพอใจในการใช้งาน ผลการวิจัยทั้งหมดจะถูกนำเสนออย่างชัดเจน ตรงประเด็น พร้อมการตีความ การวิเคราะห์ และการเปรียบเทียบกับผลงานของผู้วิจัยอื่น เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัย อย่างสมบูรณ์ตามข้อกำหนดของวารสาร

1. ผลการพัฒนาและทดสอบต้นแบบแพลตฟอร์ม (Prototype Testing Results)

ส่วนนี้จะนำเสนอผลลัพธ์จากการพัฒนาและนำเสนอแพลตฟอร์มต้นแบบ ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการประยุกต์ใช้ กรอบแนวคิด Design Thinking ในการบูรณาการฟังก์ชัน Carbon Footprint และ Traceability จากนั้นจึงนำเสนอผล การประเมินเชิงประจักษ์จากการทดสอบต้นแบบ เพื่อตรวจสอบการประเมินคุณภาพแพลตฟอร์มในการสนับสนุนเศรษฐกิจ คาร์บอนต่ำ และผลความพึงพอใจต่อการใช้งานแพลตฟอร์มเพื่อยืนยันความเหมาะสมในการนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติการ

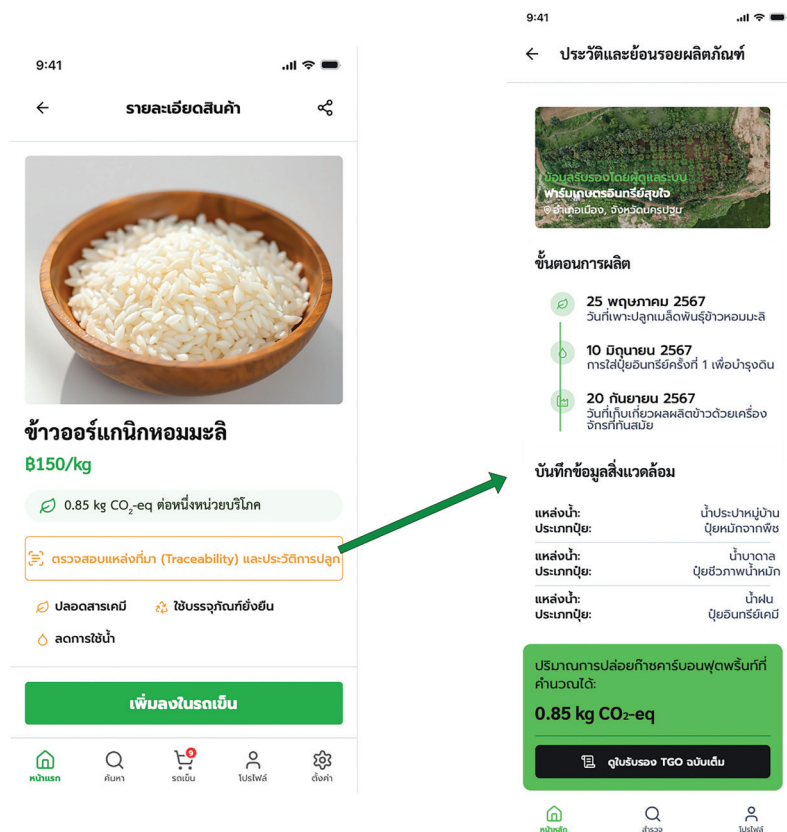
1) การพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียวดำเนินการภายใต้กรอบแนวคิด Design Thinking และ User-Centered Design (UCD) โดยมีเป้าหมายเชิงกลยุทธ์เพื่อสร้างช่องทางการค้าที่ยั่งยืน และบูรณาการข้อมูลสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ กระบวนการพัฒนาเน้นหลักการซ้ำ (Iterative) เพื่อให้มั่นใจว่า ฟังก์ชันที่ซับซ้อน เช่น การแสดงผลรอยเท้าคาร์บอน เป็นไปตามความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งาน การตัดสินใจ ใช้ Low-Code/No-Code (NC/LC) Framework เช่น Laravel + Vue.js ในการพัฒนา High-fidelity Prototype ถือเป็นกลยุทธ์สำคัญ ซึ่งเป็นนวัตกรรมเชิงกระบวนการที่ช่วยเร่งรัดการสร้างแอปพลิเคชันต้นแบบได้อย่างรวดเร็ว (Rapid Prototyping) และยังให้ความยืดหยุ่นสูงในการทดสอบและปรับปรุงซ้ำตามหลักการ Design Thinking การใช้ LCNC ยังช่วยลดอุปสรรคทางเทคนิคในการบำรุงรักษาในระยะยาว โดยเฉพาะในบริบทของวิสาหกิจชุมชนที่มีข้อจำกัด ด้านทักษะเชิงเทคนิค

แพลตฟอร์มต้นแบบถูกออกแบบให้รองรับผู้ใช้งานหลัก 3 กลุ่ม เกษตรกร/ผู้ขาย ผู้บริโภค/ผู้ซื้อ และ ผู้ดูแลระบบ และประกอบด้วยฟังก์ชันสำคัญที่ตอบโจทย์การลดรอยเท้าคาร์บอนตามที่ระบุในขอบเขตงานวิจัย ดังนี้

- ระบบแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อม แพลตฟอร์มสามารถแสดงผล รอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint)

และฉลากสิ่งแวดล้อมของสินค้าบนหน้าจอรายละเอียดผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน ดังรูปที่ 1 การแสดงผลนี้ทำหน้าที่เป็นกลไกการส่งสัญญาณ (Signaling Mechanism) ที่โปร่งใสในการขับเคลื่อนตลาดสีเขียว

- ระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) อนุญาตให้ผู้บริโภคเข้าถึงข้อมูลแหล่งที่มา กระบวนการผลิต และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust)
- ระบบบริหารจัดการผู้ขาย (Farmer/Seller Dashboard) ช่วยให้เกษตรกรสามารถลงทะเบียนสินค้าบริหารจัดการคำสั่งซื้อ และที่สำคัญคือ การบันทึกและบริหารจัดการข้อมูลสิ่งแวดล้อมและข้อมูลรอยเท้าคาร์บอนได้สะดวก หน้าจอนี้นำเสนอตัวชี้วัดความสำเร็จหลัก (KPIs) ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น คาร์บอนลด/ชดเชย ดังรูปที่ 2 เพื่อเป็นแรงจูงใจเชิงบวกให้เกษตรกรปรับปรุงการผลิตตามแนวทาง Green Economy

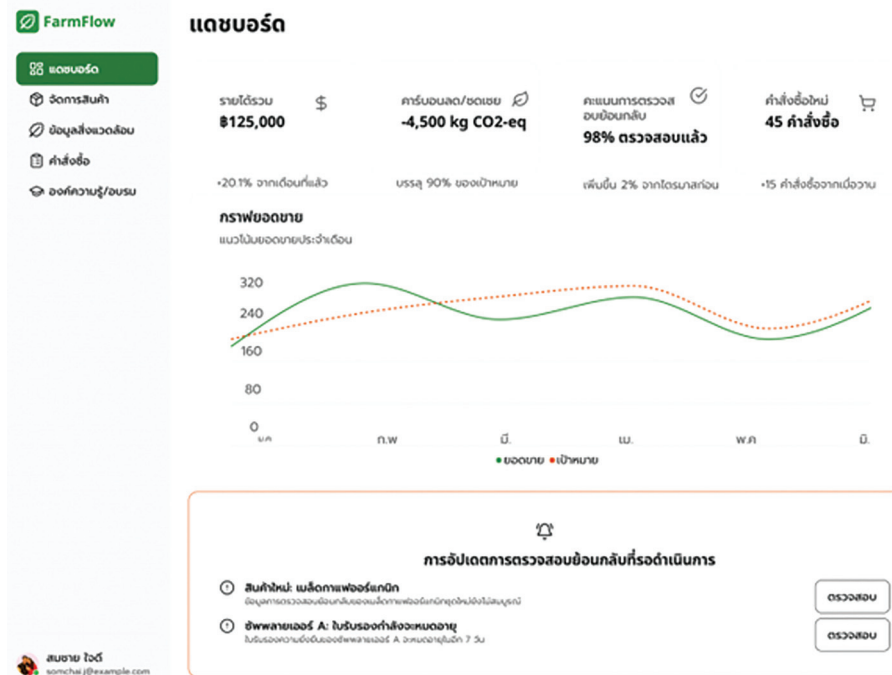


(ก) รายละเอียดสินค้า

(ข) ประวัติและย้อนรอยผลิตภัณฑ์

รูปที่ 4 ระบบแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมและระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability)

รูปที่ 4 แสดงถึง High-fidelity Prototype ของระบบการสื่อสารข้อมูลสิ่งแวดล้อมแก่ผู้บริโภค ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการพัฒนาภายใต้แนวคิด User-Centered Design ทำหน้าที่เป็นจุดตัดสินใจซื้อ โดยมีการแสดงผลค่า Carbon Footprint (0.85 kg CO₂ -eq) อย่างชัดเจนในตำแหน่งที่โดดเด่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่พบว่าความชัดเจนของข้อมูลรอยเท้าคาร์บอนมีอิทธิพลเชิงบวกสูงสุดต่อความตั้งใจใช้แพลตฟอร์ม นอกจากนี้ ปุ่ม ตรวจสอบแหล่งที่มา (Traceability) ยังเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust) ซึ่งแสดงรายละเอียดการดำเนินงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ปุ๋ยชีวภาพ และสรุปการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้แพลตฟอร์มทำหน้าที่เป็นกลไกการส่งสัญญาณ (Signaling Mechanism) ที่โปร่งใสในการขับเคลื่อนตลาดสินค้าเกษตรสีเขียวสู่เป้าหมาย Net-Zero



รูปที่ 5 ระบบบริหารจัดการผู้ขาย (Farmer/Seller)

รูปที่ 5 แสดงถึง High-Fidelity Prototype ของระบบบริหารจัดการผู้ขาย (Farmer/Seller Dashboard) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ หน้าจอนี้นำเสนอ ตัวชี้วัดความสำเร็จหลัก (Key Performance Indicators: KPIs) ที่เน้นความสมดุลระหว่างมิติทางธุรกิจและสิ่งแวดล้อม (1) รายได้รวม (2) คาร์บอนลด/ชดเชย (-4,500 kg CO₂-eq) และ (3) คะแนนการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability Score: 98 % ตรวจสอบแล้ว) การแสดงผล KPI ด้านสิ่งแวดล้อมที่โดดเด่นนี้ทำหน้าที่เป็นแรงจูงใจเชิงบวก ให้เกษตรกรปรับปรุงการผลิตตามแนวทาง Green Economy และตอกย้ำคุณค่าของสินค้าเกษตรสีเขียว นอกจากนี้ส่วนแจ้งเตือนการอัปเดตการตรวจสอบย้อนกลับยังแสดงถึงฟังก์ชันการกำกับดูแลตนเองที่สำคัญของแพลตฟอร์ม เพื่อรักษาความโปร่งใสของข้อมูล ซึ่งเป็นหัวใจของการสร้าง Environmental Trust และสนับสนุนให้เกิดโมเดลธุรกิจดิจิทัลสีเขียวที่ยั่งยืน

2) การประเมินคุณภาพแพลตฟอร์มในการสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ การประเมินคุณภาพแพลตฟอร์มต้นแบบ (Prototype Testing, N = 30) ได้ดำเนินการเพื่อให้อมั่นใจว่าแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่มุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและเป้าหมาย Net-Zero ได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ผลการประเมินดังตารางที่ 1 ยืนยันว่าแพลตฟอร์มมีศักยภาพในการเป็นเครื่องมือสนับสนุนการลดการปล่อยคาร์บอนในห่วงโซ่มูลค่าของสินค้าเกษตร

ตารางที่ 1 ดัชนีการประเมินคุณภาพแพลตฟอร์มต้นแบบ

มิติการประเมิน (หลังการใช้งาน)	($\bar{X}$)	S.D.	การตีความ (ระดับ)
การสนับสนุนเป้าหมาย Net-Zero (Quality Index)	4.29	0.61	ดี
ความน่าเชื่อถือของข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Trustworthiness)	4.35	0.58	ดีมาก

ผลการประเมินสรุปได้ว่าดัชนีการสนับสนุนเป้าหมาย Net-Zero อยู่ที่ $\bar{X} = 4.29$ ซึ่งอยู่ในระดับดี และที่สำคัญ ความน่าเชื่อถือของข้อมูลสิ่งแวดล้อมได้รับการประเมินในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.35$) ซึ่งยืนยันว่าแพลตฟอร์มสามารถสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้งานในการใช้ข้อมูลสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ความพึงพอใจต่อการใช้งานแพลตฟอร์ม (Prototype Testing, N = 30) ได้ดำเนินการเพื่อตรวจสอบว่าแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นด้วยแนวคิด Design Thinking นั้น มีความสะดวกในการใช้งานและได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีความพึงพอใจและความสะดวกในการใช้งานแพลตฟอร์ม

มิติการประเมิน (หลังการใช้งาน)	($\bar{X}$)	S.D.	การตีความ (ระดับ)
ความพึงพอใจโดยรวม (Overall Satisfaction)	4.35	0.58	ดีมาก
ความสะดวกในการใช้งาน (Usability Index)	4.2	0.65	ดี

ผลการประเมินยืนยันว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมต่อแพลตฟอร์มในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.35$) และความสะดวกในการใช้งานอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.20$)

2. ข้อมูลพื้นฐานและพฤติกรรมผู้บริโภค/การผลิต

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้มุ่งเน้นการตรวจสอบคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงพฤติกรรมในการเข้าถึงและใช้งานช่องทางดิจิทัลในการซื้อขายสินค้าเกษตรสีเขียว ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการประเมินความพร้อมในการยอมรับแพลตฟอร์มใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจความถี่และความคุ้นเคยในการใช้โมบายแอปพลิเคชันเพื่อแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเศรษฐกิจดิจิทัลในการขับเคลื่อนการตลาดสินค้าเกษตรสีเขียว ดังตารางที่ 3 จึงสะท้อนถึงบริบทพื้นฐานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่วิจัย

ตารางที่ 3 พฤติกรรมการซื้อ/ขายสินค้าเกษตรสีเขียวผ่านช่องทางออนไลน์

N = 200

ข้อมูลพื้นฐาน/พฤติกรรม	กลุ่มเกษตรกร	กลุ่มผู้บริโภค
สัดส่วนผู้ใช้โมบายแอปพลิเคชันในการทำงาน/ซื้อสินค้า	78.50 %	91 %
สัดส่วนผู้ที่เคยขาย/ซื้อสินค้าเกษตรสีเขียวผ่านออนไลน์	65 %	75.50 %
ค่าเฉลี่ยความถี่ในการซื้อ (ต่อเดือน)	-	$\bar{X} = 3.2$ ครั้ง

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้บริโภคมีการใช้โมบายแอปพลิเคชันในชีวิตประจำวันและมีประสบการณ์ในการซื้อสินค้าเกษตรสีเขียวผ่านช่องทางออนไลน์ในสัดส่วนที่สูง (91 % และ 75.5 %) สำหรับกลุ่มเกษตรกร แม้สัดส่วนการใช้ดิจิทัลแพลตฟอร์มจะต่ำกว่า แต่ก็มีประสบการณ์ในการใช้ช่องทางออนไลน์แล้วถึงร้อยละ 65 ซึ่งบ่งชี้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพร้อมพื้นฐานในการยอมรับแพลตฟอร์มใหม่

3. ทศนคติและการรับรู้ต่อ Carbon Footprint และ Net-Zero

ส่วนนี้เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับความตระหนักและทัศนคติของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่อประเด็นสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมาย Net-Zero และ Carbon Footprint ซึ่งเป็นปัจจัยเชิงจิตวิทยาที่สำคัญในการขับเคลื่อนพฤติกรรมผู้บริโภคที่ยั่งยืน ดังตารางที่ 4 จึงสะท้อนให้เห็นถึงระดับความพร้อมเชิงทัศนคติ (Attitudinal Readiness) ในการยอมรับข้อมูลสิ่งแวดล้อมในกระบวนการตัดสินใจซื้อขายสินค้าเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวัดความเชื่อมั่นต่อฉลากรอยเท้าคาร์บอน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความจำเป็นในการสร้างความน่าเชื่อถือผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล

ตารางที่ 4 ระดับทัศนคติและความเชื่อมั่นต่อคุณค่าสิ่งแวดล้อม

มิติการประเมิน	กลุ่มเกษตรกร ($\bar{X}$, S.D.)	กลุ่มผู้บริโภค ($\bar{X}$, S.D.)
ความตระหนักต่อเป้าหมาย Net-Zero ของประเทศ	4.38 (0.61)	4.41 (0.58)
ความเชื่อมั่นต่อฉลาก Carbon Footprint Label	3.82 (0.78)	3.95 (0.80)
คุณค่าที่รับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Perceived Environmental Value)	4.25 (0.69)	4.30 (0.65)

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าทั้งเกษตรกรและผู้บริโภคมีความตระหนักต่อเป้าหมาย Net-Zero และรับรู้คุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมในระดับสูงมาก ($\bar{X}$ อยู่ในช่วง 4.25 - 4.41) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยความเชื่อมั่นต่อฉลากรอยเท้าคาร์บอน ยังคงอยู่ในระดับที่ต้องสร้างความโปร่งใสของข้อมูลให้มากขึ้น ($\bar{X}$ ประมาณ 3.9) การตีความ คือ แม้จะมีความตระหนักสูง แต่การขาดความไว้วางใจในข้อมูลการกล่าวอ้างด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขด้วยกลไกการสื่อสารที่โปร่งใส

4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้แพลตฟอร์ม

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการใช้สถิติเชิงอนุมาน เพื่อทดสอบสมมติฐานหลักของงานวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและดิจิทัลที่มีผลต่อความตั้งใจของเกษตรกรและผู้บริโภคในการใช้งานแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียว ผลลัพธ์ที่ได้จะยืนยันว่าการบูรณาการข้อมูลรอยเท้าคาร์บอนเข้ากับโครงสร้างแพลตฟอร์มดิจิทัลสามารถเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการค้าสีเขียวและสนับสนุนเป้าหมายเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำได้หรือไม่

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้ (Intention to Use)	ค่าสัมประสิทธิ์ β (Standardized)	ค่า p-value
ความชัดเจนของข้อมูล Carbon Footprint	0.402*	<0.001
ความสะดวกในการใช้งาน (Usability)	0.320**	0.003
ข้อมูลตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability)	0.185*	0.021

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณยืนยันว่า ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจใช้แพลตฟอร์มตลาดออนไลน์สินค้าเกษตรสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบบจำลองมีความสามารถในการทำนายความผันแปรของความตั้งใจใช้แพลตฟอร์มได้สูง (ค่าสัมประสิทธิ์การทำนายรวม $R^2 \approx 0.65$) ซึ่งแสดงว่าปัจจัยที่ศึกษาสามารถอธิบายความตั้งใจได้ถึงประมาณ 65 % ในบรรดาปัจจัยทั้งหมด ความชัดเจนของข้อมูล Carbon Footprint เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวกและสูงสุดต่อความตั้งใจในการใช้แพลตฟอร์ม ($\beta = 0.402$, $p < 0.001$) โดยข้อค้นพบนี้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุน ทฤษฎีการส่งสัญญาณ (Signaling Theory) ในการตลาดสีเขียว โดยชี้ให้เห็นว่าในตลาดที่มีความไม่สมมาตรของข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม ข้อมูล CFP ที่นำเสนออย่างชัดเจนบนแพลตฟอร์มจะทำหน้าที่เป็นกลไกการสื่อสารที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อลดความคลางแคลงใจของผู้บริโภค ปัจจัยสำคัญลำดับถัดมาคือความสะดวกในการใช้งาน (Usability) ($\beta = 0.320$, $p = 0.003$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และแสดงถึงความสำเร็จของการออกแบบแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่าย และสุดท้ายคือ ข้อมูลตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ที่มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($\beta = 0.185$, $p = 0.021$) ซึ่งตอกย้ำถึงความต้องการของผู้ใช้งานในการตรวจสอบแหล่งที่มาเพื่อสร้างความเชื่อมั่นด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Trust) ข้อสรุปจากการวิเคราะห์นี้จึงยืนยันว่าการบูรณาการข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนเข้ากับโครงสร้างดิจิทัลที่ใช้งานง่ายเป็นกุญแจสำคัญในการส่งเสริมการค้าสีเขียว

ทฤษฎี Perceived Value Theory ในการตลาดสีเขียว (Green Marketing) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้บริโภคสมัยใหม่ไม่ได้ตัดสินใจซื้อจากคุณค่าเชิงฟังก์ชัน (Functionality) หรือราคาเพียงอย่างเดียว แต่ยังให้ความสำคัญกับคุณค่าทางจิตสังคมและสิ่งแวดล้อม (Socio-environmental Value)

การเชื่อมโยงเชิงวิชาการ การที่ผู้ใช้ประเมินความเชื่อมั่นของข้อมูลสิ่งแวดล้อมในระดับสูง ($\bar{X} = 4.35$) แสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์มดิจิทัลทำหน้าที่เป็นกลไกการส่งสัญญาณ (Signaling Mechanism) ที่มีประสิทธิภาพในการลดความไม่สมมาตรของข้อมูล (Information Asymmetry) ระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค ซึ่งเป็นปัญหาหลักของการค้าสินค้าสีเขียวในอดีต (Duan et al., 2023)

2) บทบาทเชิงกลยุทธ์ของแพลตฟอร์มในการเปลี่ยนผ่านสู่ Net-Zero

แพลตฟอร์มดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นนี้มีบทบาทเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญและหลากหลายในการขับเคลื่อนภาคเกษตรกรรมของไทยสู่เป้าหมาย Net-Zero โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฐานะกลไกการส่งสัญญาณ (Signaling Mechanism) ที่มีความโปร่งใสและน่าเชื่อถือ ผลการวิจัยยืนยันว่า ความชัดเจนของข้อมูล Carbon Footprint ซึ่งมีอิทธิพลสูงสุดต่อความตั้งใจใช้แพลตฟอร์มนั้น เป็นกุญแจสำคัญในการลดความไม่สมมาตรของข้อมูล (Information Asymmetry) ในตลาดสินค้าเกษตรสีเขียว โดยกลไกนี้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตลอดห่วงโซ่อุปทาน สำหรับเกษตรกร ข้อมูล CFP และ KPI ด้านสิ่งแวดล้อมที่แสดงบนแพลตฟอร์มทำหน้าที่เป็นแรงจูงใจเชิงบวก (Positive Incentive) ที่เชื่อมโยงการลดการปล่อยคาร์บอนกับการเข้าถึงตลาดที่พร้อมจ่ายในราคาที่ยุติธรรม ขณะที่สำหรับผู้บริโภคแพลตฟอร์มช่วยให้การตัดสินใจซื้อสอดคล้องกับความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงอยู่แล้ว ($\bar{X} \approx 4.40$) นอกจากนี้การที่แพลตฟอร์มถูกพัฒนาด้วยกลยุทธ์ Low-Code/No-Code (LCNC) และได้รับการประเมินความสะดวกในการใช้งานในระดับสูง ถือเป็นความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ที่ทำให้เทคโนโลยีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างรวดเร็วและยืดหยุ่นในกลุ่มผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (MSMEs) ซึ่งท้ายที่สุดแล้ว บทบาทเชิงกลยุทธ์ของแพลตฟอร์มนี้คือการเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ต้นทุนในการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมกลายเป็นโอกาสทางการตลาดและเป็นรากฐานสำคัญในการบรรลุเป้าหมายด้านความยั่งยืนของประเทศ

3) คุุณูปการต่อองค์ความรู้และนโยบาย (Academic and Policy Contributions)

งานวิจัยนี้มีคุุณูปการทางวิชาการโดยตรงในการเติมเต็มช่องว่างด้านการประยุกต์ใช้ (Applied Research Gap) ในบริบทของประเทศไทย โดยเป็นหนึ่งในงานวิจัยแรก ๆ ที่ทำการศึกษาแบบผสมผสาน (Mixed-Methods) ครอบคลุมทั้งการออกแบบ (Design Thinking) การทดสอบพฤติกรรมผู้ใช้เชิงปริมาณ (Multiple Regression) และการยืนยันผลลัพธ์ด้วยการทดสอบต้นแบบในด้านการบูรณาการ Carbon Footprint

References

- Amornkitvikai, Y., Tham, S.Y., Harvie, C. and Buachoom, W.W. (2022). Barriers and Factors Affecting the E-Commerce Sustainability of Thai Micro-, Small- and Medium-Sized Enterprises (MSMEs). *Sustainability*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148476>
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*. <https://hbr.org/2008/06/design-thinking>
- Duan, J., Zhang, M. and Cheng, B. (2023). Study on Consumers' Purchase Intentions for Carbon-Labeled Products. *Sustainability*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021116>
- Chen, Y.-S., Lin, C.-Y. and Weng, C.-S. (2015). The Influence of Environmental Friendliness on Green Trust: The Mediation Effects of Green Satisfaction and Green Perceived Quality. *Sustainability*, 7(8), 10135-10152. <https://doi.org/10.3390/su70810135>
- Cherepanov, V. and Popov, E. (2024). Design and Design Thinking Role in a Digital Transformation. *E3S Web of Conferences*, 474. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447401028>

- Rogelj, J. (2023). Net Zero Targets in Science and Policy. *Environmental Research Letters*, 18(2). <http://doi.org/10.1088/1748-9326/acb4ae>
- Krejcie, R. and Morgan, D. (1970). Determining Sample Sizes for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. United Nations Environment Programme.
- Wang, X., Peng, M., Li, Y., Ren, M., Ma, T., Zhao, W. and Xu, J. (2025). How E-commerce Product Environmental Information Influences Green Consumption: Intention-Behavior Gap Perspective. *Sustainability*, 17(6). <https://doi.org/10.3390/su17062337>
- Yang, Y. and Wang, P. (2025). The Impact of Rural Digital Economy Development on Agricultural Carbon Emissions: A Study Based on Prefecture-Level Cities in China. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 28. <http://doi.org/10.1016/j.rcradv.2025.200290>
- Yao, W., Li, C. and Lin, F. (2025). Digital Agriculture Drives Carbon Emission Reduction in China. *Frontiers in Environmental Science*, 13. <http://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1600884>