

“

# ระบบโลจิสติกส์ทางเลือกเพื่อเพิ่มขีดความสามารถ ในการแข่งขันของข้าวในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา

ALTERNATIVE LOGISTICS SYSTEMS FOR ENHANCING COMPETITIVENESS  
OF RICE IN CHIANG MAI, CHIANG RAI AND PHAYAO PROVINCES

”

ชนิตา พันธุ์มณี เกษม กุณาศรี และเริงชัย ต้นสุชาติ

## ระบบโลจิสติกส์ทางเลือกเพื่อเพิ่มขีดความสามารถ ในการแข่งขันของข้าวในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา

ALTERNATIVE LOGISTICS SYSTEMS FOR ENHANCING COMPETITIVENESS  
OF RICE IN CHIANG MAI, CHIANG RAI AND PHAYAO PROVINCES

ชนิตา พันธุ์มณี

Chanita Panmanee

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Faculty of Economics, Maejo University

เกษม กุณาสรี

Kasem Kunasri

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Management Sciences, Chiang Mai Rajabhat University

เรียงชัย ต้นสุชาติ

Roengchai Tansuchat

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Faculty of Economics, Chiang Mai University

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมาย และวิเคราะห์ความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือก โดยกลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา จำนวน 300 ราย ใช้วิธีการกำหนดโควตาและสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน และกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องในระบบโลจิสติกส์ข้าว 20 ราย เลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบลูกโซ่ ใช้การประชุมแบบมีส่วนร่วมและกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นเป็นเครื่องมือในการวิจัย

ผลการวิจัยทำให้ได้แบบจำลองที่บูรณาการระหว่างระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบสินซึ่งเน้นการลดต้นทุนต่ำสุดและแบบกรีนที่เน้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุด โดยแบบจำลองที่มีความสำคัญอันดับหนึ่งคือระบบโลจิสติกส์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกโดยการเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นการใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจี ทั้งนี้พลังงานทดแทนทั้งสองทางเลือกมีความคุ้มค่าทั้งทางด้านการเงินและด้านสิ่งแวดล้อม

**คำสำคัญ:** ข้าว โลจิสติกส์แบบสิน โลจิสติกส์แบบกรีน ต้นทุนโลจิสติกส์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

## Abstract

This research aims to construct the models of alternative logistics systems for enhancing the competitiveness of rice in the target areas; Chiang Mai, Chiang Rai and Phayao provinces, and analyze the value gain of the alternative logistics systems. The samples are 300 farmers in Chiang Mai, Chiang Rai and Phayao provinces selected by quota and multi-stage sampling approaches. Moreover, 20 stakeholders in the rice logistics are selected by snowball sampling method. The participatory action research (PAR) and the analytical hierarchy process (AHP) analysis are used as the research tools.

The result brings about the integrated model between lean logistics of rice focusing on minimized cost and green logistics of rice stressing on lowest GHG emission. The first ranking model selected is the rice logistics using alternative energy by changing diesel fuel to NGV and LPG gases. Finally, the value gains of alternative logistics express that both options of alternative energy are worth in financial and environmental aspects.

**Keywords:** Rice, Lean logistics, Green logistics, Logistics cost, GHG emission

## บทนำ

ข้าวถือเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเป็นสินค้าเกษตรที่สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศมูลค่ามหาศาลเป็นเวลาต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามภายใต้สภาวะการแข่งขันในตลาดการส่งออกข้าวที่รุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับประเทศเวียดนามซึ่งเป็นคู่แข่งสำคัญ กลับพบว่าราคาข้าวของไทยสูงกว่าเวียดนามอย่างมาก ทั้งนี้สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งมาจากสัดส่วนของต้นทุน โลจิสติกส์ที่สูงมาก ทั้งต้นทุนค่าขนส่ง ต้นทุนค่าดูแลเก็บรักษา ต้นทุนค่าสูญเสียและเสียหายระหว่างจัดการ และต้นทุนค่าบริหารจัดการต่างๆ สัดส่วนของต้นทุนโลจิสติกส์ที่สูงมากได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนข้าวโดยรวม ทำให้ราคาข้าวไทยที่ส่งออกไปต่างประเทศสูงกว่าประเทศคู่แข่ง โดยเปรียบเทียบ นอกจากนี้ แนวโน้มของการแข่งขันในปัจจุบันอันเนื่องจากการเปิดเสรีทางการค้าและการก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมข้าวพยายามหาแนวทางในการลดต้นทุนและสร้างมูลค่าเพิ่มผ่านการบริหารจัดการโลจิสติกส์จากผู้ผลิตถึงผู้บริโภคเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ซึ่งในภาพรวมของประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ของประเทศไทยยังต่ำกว่าประเทศคู่แข่ง เพราะการขนส่งสินค้าของไทยประมาณร้อยละ 88 ใช้รถบรรทุกที่มีต้นทุนพลังงานสูง (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) นั้นแสดงให้เห็นว่าการจะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวไทยได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพ ต้องลดการสูญเสียในกิจกรรมต่างๆ ระหว่างการขนส่ง การกำหนดระดับการเก็บรักษาสินค้า คงคลังให้เหมาะสม รวมถึงการสร้างความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังเป็นกระแสนิยมในปัจจุบัน ทั้งนี้ระบบโลจิสติกส์ทางเลือกที่เป็นที่กล่าวถึงมากที่สุดในปัจจุบัน คือระบบโลจิสติกส์แบบลีน (Lean logistics systems) และระบบโลจิสติกส์แบบกรีน (Green logistics systems) ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Dües, et al. (2013), Galeazzo, et al. (2014), Martínez-Jurado and Moyano-Fuentes (2014), Pampanelli et al. (2014) และ Ugarte et al. (2016)

เป้าหมายของระบบโลจิสติกส์แบบลีน มุ่งเน้นในเรื่องการไหลของงานเป็นหลัก โดยมีหลักสำคัญในการลดความสูญเสีย (Waste) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการลดต้นทุนในระบบโลจิสติกส์ การลดความสูญเสียนี้อยู่บนหลักการ 4 ศูนย์ (4 Zeros) หรือลดให้เหลือน้อยที่สุด ได้แก่ ของเสียเป็นศูนย์ การรอคอยเป็นศูนย์ สินค้าคงคลังเป็นศูนย์ และอุบัติเหตุเป็นศูนย์ ในขณะที่ระบบโลจิสติกส์แบบกรีน เป็นการบริหารจัดการโลจิสติกส์ในมิติที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมาย

สำคัญ คือ การลดการปล่อยมลภาวะ หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงานในรูปแบบต่างๆ ทั้งกระบวนการค้า การผลิต และการส่งมอบสินค้าในกระบวนการการขนส่งผ่านการขับเคลื่อนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การจัดการการใช้ประโยชน์จากการขนส่งให้เกิดประโยชน์สูงสุด การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการปรับรูปแบบการขนส่งไปสู่รูปแบบที่ประหยัดพลังงาน แม้ว่าระบบโลจิสติกส์ทั้งสองรูปแบบจะแตกต่างกันในแนวคิดทางด้านการจัดการ แต่ทั้งสองระบบล้วนต้องการบรรลุเป้าหมายในการลดต้นทุน การจัดการที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงเสริมสร้างศักยภาพทางการแข่งขันในยุคการค้าเสรี

สำหรับบริบทเชิงพื้นที่ภาคเหนือตอนบนพบว่าสภาพภูมิศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน และมีพื้นที่ราบลุ่มไม่มากนัก แต่ด้วยความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ทำให้มีศักยภาพเพียงพอสำหรับเพาะปลูกพืชได้หลากหลายชนิด ซึ่งหนึ่งในพืชที่ปลูกกันมากคือข้าว จากข้อมูลพื้นที่ปลูกและผลผลิตข้าวนาปีในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่าจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีเนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และมีปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มากที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดพะเยา และจังหวัดเชียงใหม่ ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าทั้ง 3 จังหวัด ถือว่าเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นตัวแทนในการสร้างต้นแบบระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของภาคเหนือตอนบน กอปรกับวิถีการค้าข้าวของพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญคือการปลูกข้าวเพื่อบริโภคเองในครัวเรือน โดยจะทยอยแบ่งสีที่โรงสีขนาดเล็ก (กำลังสี 1-2 ตันต่อ 24 ชั่วโมง) ส่วนที่เหลือจะขายให้โรงสีขนาดกลาง (กำลังสี 30-60 ตันต่อ 24 ชั่วโมง) หรือผ่านพ่อค้าข้าวเปลือก หรือตลาดกลางข้าวเปลือก ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายสินค้าและการเก็บรักษาสินค้าคงคลังยังมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ต้นทุนในการเคลื่อนย้ายกลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามราคาน้ำมันโลกที่เปลี่ยนแปลงไป และระยะทางการขนส่งที่ห่างไกล (มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2552) ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในภาคเหนือตอนบนและการเตรียมความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางการค้าที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ทางเลือกจึงเป็นประเด็นที่สำคัญที่ไม่ควรมองข้ามสำหรับพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของไทย

ด้วยเหตุนี้ การวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ข้าวในพื้นที่เป้าหมายของภาคเหนือตอนบน ซึ่งได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดพะเยา เพื่อเป็นทางเลือกในการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดข้าวไทย โดยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดระบบโลจิสติกส์แบบลิ้นและระบบโลจิสติกส์แบบกรีนมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของระบบทางเลือกดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องนำไปใช้ในการสร้างนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมข้าวในภาคเหนือของไทยในอนาคต

## วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมายจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดพะเยา และ 2) เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือก

## ระเบียบวิธีวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่เป้าหมายภาคเหนือตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดพะเยา และกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องในระบบ โลจิสติกส์

**การเลือกกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร** ในพื้นที่เป้าหมายภาคเหนือตอนบนจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดพะเยา เมื่อนำจำนวนประชากรครัวเรือนเกษตรกรที่ทำนาในทั้ง 3 จังหวัดมาคำนวณหาสัดส่วนในแต่ละพื้นที่พบว่าในแต่ละพื้นที่มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงใช้วิธีการกำหนดโควตาในแต่ละพื้นที่ พื้นที่ละ 100 ราย รวมทั้งสิ้น 300 ราย ร่วมกับวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) เพื่อระบุกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่อำเภอ ตำบล และหมู่บ้านตามขนาดตัวอย่างเป้าหมายที่กำหนดไว้

**การเลือกกลุ่มตัวอย่างบุคคลที่เกี่ยวข้องในระบบโลจิสติกส์ข้าว** ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบลูกโซ่ (Snowball sampling) โดยเริ่มต้นจากข้อมูลเกษตรกร แล้วเชื่อมโยงไปยังกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายอื่นๆ ในระบบโลจิสติกส์ ได้แก่ พ่อค้าคนกลาง กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ และผู้ประกอบการโรงสีข้าว โดยกำหนดโควตาของกลุ่มตัวอย่างบุคคลที่เกี่ยวข้องในระบบโลจิสติกส์ไว้ที่ 20 ราย

### วิธีดำเนินการวิจัย

**1. วิธีดำเนินการวิจัยในการสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมาย** เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดโลจิสติกส์แบบลิ้น และโลจิสติกส์แบบกรีนมาใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือก ดังนั้นจึงแบ่งสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

**กรณีที่ 1 ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลิ้น** โดยกำหนดกิจกรรมหรือองค์ประกอบที่สามารถลดการสูญเสียได้ 7 ประการ ได้แก่ การสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป การสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง การสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง การสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว การสูญเสียเนื่องจากระบวนการผลิต การสูญเสียเนื่องจากการรอคอย และการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย

**กรณีที่ 2 ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบกรีน** โดยกำหนดกิจกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งมีเป้าหมายสำคัญ คือ การลดการปล่อยมลภาวะหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวและผลิตรายได้ดิบ การผลิตสินค้า การบริหารจัดการสินค้าคงคลัง การขนส่งสินค้า และการบริการลูกค้า ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์แบบกรีน ได้แก่ การซัพพลายเชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การจัดการการใช้ประโยชน์จากการขนส่งให้เกิดประโยชน์สูงสุด การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการปรับปรุงรูปแบบการขนส่ง โดยในแต่ละกระบวนการข้างต้น ต้องคำนึงถึงการลดการใช้เชื้อเพลิง การนำกลับมาใช้ใหม่ และการซ่อมบำรุง

**กรณีที่ 3 ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบผสมแนวคิดลิ้นและกรีน** โดยดูทั้งกิจกรรมที่สามารถลดการสูญเสียได้ และกิจกรรมการลดการปล่อยมลภาวะหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

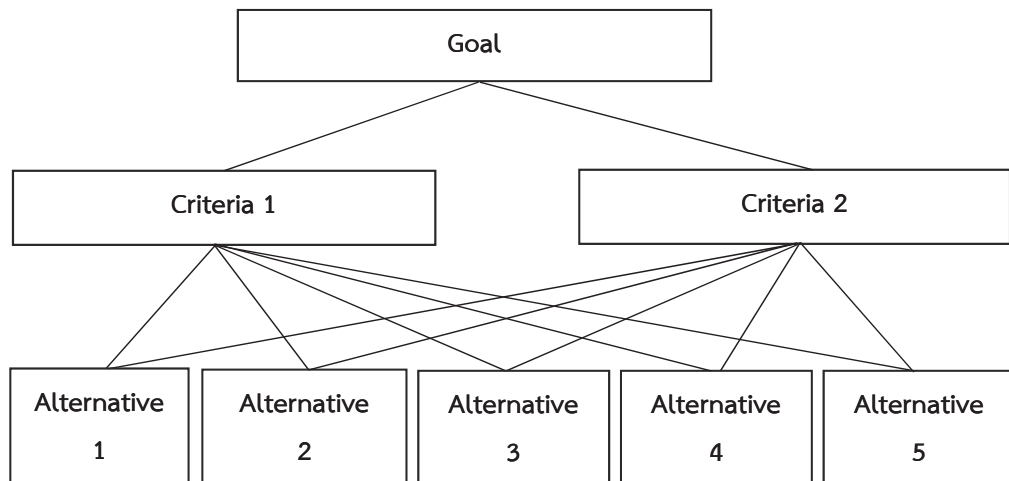
ทั้งนี้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมาย 3 จังหวัดภาคเหนือตอนบนนั้น ใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยการจัดเวทีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อกำหนดรูปแบบและแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบโลจิสติกส์ และใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytical hierarchy process: AHP) เข้ามาช่วยในการตัดสินใจเพื่อหาทางเลือกการปฏิบัติที่เหมาะสม

**2. กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เป็นวิธีการที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด (Saaty, 1980)** ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Saaty (2008), Thengane et al. (2014), Russo and Camanho (2015), Gürçan et al. (2016) และ Singh and Nachtnebel (2016) ที่ได้นำเทคนิค AHP มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย โดยเริ่มจากการกำหนดเป้าหมาย (Goal) จากนั้นจึงกำหนดหลักเกณฑ์ (Criteria) เพื่อประเมินความเหมาะสมของเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจมีการกำหนดหลักเกณฑ์ย่อย (Sub-criteria) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ของหลักเกณฑ์หลักหรือไม่ก็ได้ จากนั้นจึงกำหนดทางเลือก (Alternative) ซึ่งเป็นทางเลือกที่ใช้ตัดสินใจในแต่ละด้าน เพื่อนำไปใช้เป็นทางเลือกในการบรรลุเป้าหมายแสดงดังภาพที่ 1

ลำดับชั้นที่ 1:  
เป้าหมายหรือปัญหา

ลำดับชั้นที่ 2:  
เกณฑ์การตัดสินใจ

ลำดับชั้นที่ 3:  
ทางเลือก



ภาพที่ 1 กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytical hierarchy process: AHP)

ที่มา: ประยุกต์จาก Saaty, 2008, Ho et al., 2009 และ Singh and Nachtnebel, 2016.

เมื่อได้ลำดับชั้นที่จะวิเคราะห์แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การประเมิน เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจมีความสำคัญต่อเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาน้ำหนักความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ก่อนที่จะประเมินทางเลือก โดยสร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบแบบจับคู่ (Pair-wise comparison matrix) และกำหนดมาตราส่วนเพื่อการเปรียบเทียบความสำคัญ โดยในการวิจัยนี้ได้กำหนดมาตราส่วนเพื่อการเปรียบเทียบความสำคัญตามวิธีการของ Saaty (1990, 2008) ซึ่งกำหนดไว้ 9 ระดับ โดยที่ 1 หมายถึงกิจกรรมหรือประเด็นที่หนึ่งมีความสำคัญเท่ากับกิจกรรมหรือประเด็นที่สอง และ 9 หมายถึงทางเลือกหรือองค์ประกอบที่หนึ่งมีความสำคัญมากกว่าทางเลือกหรือองค์ประกอบที่สองอย่างมากที่สุด (Extreme Importance) และส่วนกลับของ 1 ถึง 9 จะแสดงความหมายในทางตรงกันข้าม ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การประเมิน โดยวิธี Simple normalized row sum (SNRS) มีทางเลือกหรือองค์ประกอบที่ต้องการประเมิน  $n$  ทางเลือก ได้แก่  $C_1, \dots, C_n$  และ น้ำหนักของแต่ละทางเลือกหรือองค์ประกอบดังกล่าว คือ  $W_1, \dots, W_n$  ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจับคู่ ( $a_{ij}$ ) ของความสำคัญของทางเลือกหรือองค์ประกอบ  $C_i$  และ  $C_j$  หาได้จาก  $a_{ij} = W_i/W_j$  เมตริกซ์  $A = [a_{ij}]$  ของการเปรียบเทียบแบบจับคู่ดังกล่าวสมการที่ (1) และเมื่อยูนิเมตริกซ์  $A$  ด้วยเวกเตอร์ของน้ำหนัก จะได้สมการที่ (2)

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \cdots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \cdots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เวกเตอร์ของน้ำหนัก คือ Eigenvector และ  $n$  คือ Eigenvalue ที่มีค่าสูงสุดเพียงค่าเดียวในเมทริกซ์  $A$  ซึ่งค่านี้จะใช้เป็นน้ำหนักของแต่ละทางเลือกหรือองค์ประกอบ และถ้าให้  $\lambda_{\max}$  คือ Eigenvalue ที่มีค่าสูงสุด และ  $V$  คือ Eigenvector ของเมทริกซ์  $A$  ซึ่งแสดงดังสมการที่ (3)

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

เมื่อกำหนดให้  $A$  คือ สแควร์เมทริกของคะแนนความสำคัญซึ่งปรับค่าให้เป็น 1 แล้ว (Normalized),  $\lambda_{\max}$  คือ Maximum Eigenvalue และ  $V$  คือ Eigenvector สามารถแสดงความสัมพันธ์ของ Eigenvalue และ Eigenvector (Dong and Cooper, 2016 และ Karanik et al., 2016) ได้ดังสมการที่ (4)

$$Av = \lambda_{\max} v \quad (4)$$

ทางเลือกหรือองค์ประกอบที่ผ่านการประเมินผ่านหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ จะถูกนำมาคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญย่อย (Local weights: LW) ซึ่งแสดงถึงน้ำหนักของแต่ละทางเลือก จากนั้นคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญโดยรวม (Global weights: GW) ของแต่ละลำดับชั้น ซึ่งหาได้จากการนำน้ำหนักความสำคัญย่อยในแต่ละองค์ประกอบในลำดับชั้นนั้นคูณกับน้ำหนักความสำคัญย่อยในองค์ประกอบเดียวกันของลำดับชั้นที่สูงขึ้นไป จะสามารถจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกได้

**3. วิเคราะห์ความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือก** เนื่องจากการพัฒนาระบบ โลจิสติกส์ทางเลือก แม้ว่าจะช่วยลดต้นทุนที่เป็นตัวเงินและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้วแต่ในกระบวนการพัฒนาย่อมต้องมีการลงทุน เช่น การลงทุนในเครื่องจักร ยานพาหนะ เป็นต้น ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยในการตัดสินใจ โดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน และความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบโลจิสติกส์ในปัจจุบันกับต้นทุนของแบบจำลองทางเลือก จากนั้นจึงนำเสนอเป็นทางเลือกระบบโลจิสติกส์ชั่วคราวภาคเหนือตอนบน เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบโลจิสติกส์ชั่วคราวภาคเหนือตอนบน

## ผลการวิจัย

**แบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา**

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดโลจิสติกส์แบบสิ้น และโลจิสติกส์แบบกรีนมาใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือก ดังนั้น จึงแบ่งสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ออกเป็น 3 กรณี คือ ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบสิ้น ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบกรีน และระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบผสมแนวคิดสิ้นและกรีน และใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดรูปแบบและในแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ข้าวแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา ระบบโลจิสติกส์ ดังนี้

## 1. ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลีน

แบบลีน โดยเป็นระบบที่เน้นการสร้างคุณค่า มุ่งขจัดความสูญเปล่าที่ก่อให้เกิดความล่าช้าหรือต้นทุนที่สูงขึ้น แต่ไม่เพิ่มคุณค่าในมุมมองของลูกค้า ซึ่งผลจากการประชุมแบบมีส่วนร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถออกแบบแต่ละกิจกรรมของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลีน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประมาณการผลกระทบของระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลีน

| กิจกรรมหลัก                  | การออกแบบลีน                           | การประมาณการผลกระทบของแบบจำลองลีน                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                        | ต้นทุนโลจิสติกส์                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก                                                                                                                                                                                                                                    |
| ด้านการบริหารจัดการ          | การลดของเสียและกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่า | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (ต้นทุนบริหารจัดการ <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต/การผลิตที่มากเกินไป (ต้นทุนบริหารจัดการ <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีใหม่ (ต้นทุนเทคโนโลยี <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดปริมาณของเสีย (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกล็กรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> <li>- ลดรอบระยะเวลาในการผลิต (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกล็กรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> </ul> |
| ด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง | การจัดการคลังสินค้า                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การลดปริมาณสินค้าคงคลัง (ต้นทุนสินค้าคงคลัง <i>ลดลง</i> แต่ต้นทุนกรณีปัจจัยการผลิต/ผลผลิตไม่เพียงพอ <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> <li>- การลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (ต้นทุนสินค้าคงคลัง <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดปริมาณความสูญเสียและของเสียจากคลังสินค้า (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกล็กรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                                                                                     |
| ด้านการขนส่ง                 | การขนส่งให้ทันเวลา                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การขนส่งสินค้าให้ทันเวลา ทำให้ความพอใจของผู้บริโภคสูงขึ้น เกิดความภักดีในสินค้า (ต้นทุนด้านปริมาณสินค้าค้างสต็อกหรือต้นทุนค่าส่งซื้อคงค้าง <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การลดอุบัติเหตุจากการขนส่ง (ต้นทุนการขนส่ง <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- เกิดมลพิษจากปริมาณการขนส่งที่มากขึ้น (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกล็กรัมข้าวเปลือก <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> </ul>                                                                                      |

**ที่มา:** จากการประชุมกลุ่มแบบมีส่วนร่วมระหว่างเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

**หมายเหตุ:** กิจกรรมในแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลีนเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

จากตารางที่ 1 กิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการจะเน้นไปที่การลดของเสียและกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ได้แก่ การลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า การลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตหรือการผลิตที่มากเกินไป และการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อลดต้นทุน สำหรับกิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลังเน้นไปที่การจัดการคลังสินค้า ได้แก่ การลดปริมาณสินค้าคงคลังรวมถึงปัจจัยการผลิตคงคลังลง และการลดความเสียหายของสินค้าจากการเก็บสินค้าคงคลัง ซึ่งการบริหารจัดการคลังสินค้าที่ดีจะช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และในกิจกรรมหลักด้านการขนส่งจะเน้นไปที่การขนส่งให้ทันเวลา ได้แก่ การขนส่งสินค้าให้ทันเวลา และการลดอุบัติเหตุที่เกิดจากขนส่งทั้งที่เกิดต่อสินค้า สินทรัพย์ และตัวบุคคล ทั้งนี้การขนส่งสินค้าให้ทันเวลานอกจากจะสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้บริโภคแล้ว ยังสร้างความภักดีในสินค้าอีกด้วย นอกจากนี้ผลการคาดการณ์ผลกระทบของระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลีนต่อต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

## 2. ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบกรีน

สำหรับแบบจำลองระบบโลจิสติกส์แบบกรีน เป็นแบบจำลองที่ถูกออกแบบบนพื้นฐานของการกำจัดของเสียและสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมและการลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง ผลจากการประชุมกลุ่มทำให้ได้แนวทางการปฏิบัติสำหรับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประมาณการผลกระทบของระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบกรีน

| กิจกรรมหลัก                  | การออกแบบกรีน                          | การประมาณการผลกระทบของแบบจำลองกรีนต่อ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                        | ต้นทุนโลจิสติกส์                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ด้านการบริหารจัดการ          | การลดของเสียและกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่า | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ต้นทุนปัจจัยการผลิตที่เป็นสารเคมี <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การจัดซื้อปัจจัยการผลิตแบบรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ใหม่ (ต้นทุนการเลือกซัพพลายเออร์ <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> <li>- การทดแทนกันของปัจจัยที่เป็นอันตรายกับปัจจัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ต้นทุนการใช้ปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> <li>- การลดของเสียและมลพิษ (ต้นทุนการใช้เทคนิคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดปริมาณของเสีย (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> <li>- ลดมลพิษที่อาจเกิดขึ้น (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                                                                                                                                                         |
| ด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง | การจัดการคลังสินค้า                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> <li>- การลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในคลังสินค้า (ต้นทุนสินค้าคงคลัง <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในคลังสินค้า (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                                                                                                            |
| ด้านการขนส่ง                 | การขนส่งให้ทันเวลา                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้พาหนะที่ประหยัดพลังงาน (ต้นทุนการลงทุนในพาหนะประหยัดพลังงาน <i>เพิ่มขึ้น</i>)</li> <li>- การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก (ต้นทุนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การส่งสินค้าร่วมกันเพื่อลดปริมาณการขนส่ง (ต้นทุนการขนส่ง <i>ลดลง</i>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้พาหนะที่ประหยัดพลังงาน (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> <li>- การส่งสินค้าร่วมกันเพื่อลดปริมาณการขนส่ง (ปริมาณ <math>\text{kgCO}_2\text{e}</math> ต่อกลีโกรัมข้าวเปลือก <i>ลดลง</i>)</li> </ul> |

ที่มา: จากการประชุมกลุ่มแบบมีส่วนร่วมระหว่างเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

หมายเหตุ: กิจกรรมในแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบกรีนเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

สำหรับกิจกรรมหลักในระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบกรีน (ตารางที่ 2) ประกอบด้วย ด้านการบริหารจัดการเน้นไปที่การจัดซื้อจัดหาและการผลิตสีเขียว ได้แก่ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยลดใช้สารเคมีหรือสารอันตราย การจัดซื้อปัจจัยการผลิตรีไซเคิลหรือนำมากลับใช้ใหม่ การทดแทนกันของปัจจัยที่เป็นอันตรายกับปัจจัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการลดของเสียและมลพิษจากการจัดซื้อจัดหาปัจจัยการผลิตและการผลิต ในขณะที่กิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง เน้นไปที่บรรจุภัณฑ์และคลังสินค้าสีเขียว โดยการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในคลังสินค้า และในกิจกรรมหลักด้านการขนส่ง มุ่งเน้นไปที่การขนส่งสีเขียวโดยใช้พาหนะที่ประหยัดพลังงาน การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก และการส่งสินค้าร่วมกันเพื่อลดปริมาณการขนส่ง ทั้งนี้ ผลการคาดการณ์ผลกระทบต่อต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

### 3. ระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบผสมแนวคิดลินและกรีน

เนื่องจากผลการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นต่อต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบโลจิสติกส์แบบดั้งเดิมเข้าสู่ระบบลินและระบบกรีน มีความแตกต่างกัน บางกิจกรรมอาจทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ของกิจกรรมแบบลินต่ำ แต่กลับทำให้ต้นทุนของกิจกรรมแบบกรีนสูง ในทางตรงข้ามกิจกรรมบางกิจกรรมของลินก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ในขณะที่กิจกรรมของกรีนทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลง ดังนั้น ในระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบผสมแนวคิดลินซึ่งเน้นการลดต้นทุนต่ำสุดและกรีนที่เน้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุด จึงได้ใช้แนวคิดกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เข้ามาใช้ในการตัดสินใจ เพื่อหาทางเลือกว่าควรจะเลือกการปฏิบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสม

ในการวิจัยนี้ ได้ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น 2 ครั้งในการตัดสินใจ โดยครั้งแรกใช้ในการเลือกแนวทางปฏิบัติในแต่ละกิจกรรมหลักตามระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบลินและกรีนที่ได้กล่าวข้างต้น เพื่อให้ได้ตัวแทนที่สำคัญที่สุดของแต่ละกิจกรรมหลักออกมาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นครั้งที่สอง เพื่อเลือกแนวทางการปฏิบัติที่สำคัญที่สุดสำหรับระบบโลจิสติกส์ทางเลือก ดังนี้

#### 3.1 การเลือกแนวทางปฏิบัติที่สำคัญที่สุดในกิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการ

ในกิจกรรมด้านการบริหารจัดการ แนวทางปฏิบัติที่ผู้เกี่ยวข้องพิจารณาแล้วว่ามีความเป็นไปได้มากที่สุดมี 5 แนวทาง ได้แก่ การลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดขึ้นคุณค่า การลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต/การผลิตที่มากเกินไป การใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีใหม่ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการลดของเสียและมลพิษ ซึ่งแนวทางเหล่านี้จะเป็นทางเลือกในการตัดสินใจ ภายใต้เกณฑ์ต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีเป้าหมายคือ กิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว ผลจากการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบ (Pair-wise comparison matrix) แต่ละลำดับชั้นและการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ โดยวิธี Simple normalized row sum (SNRS) และวิธีการประมาณค่า (Approximation method) ทำให้ได้เวเตอร์ของน้ำหนักความสำคัญ หรือเรียกอีกอย่างว่าน้ำหนักความสำคัญย่อย (LW) ซึ่งแสดงถึงน้ำหนักของแต่ละทางเลือก จากนั้นคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญโดยรวม (GW) ของแต่ละลำดับชั้น ซึ่งหาได้จากการนำน้ำหนักความสำคัญย่อยในแต่ละองค์ประกอบในลำดับชั้นนั้นคูณกับน้ำหนักความสำคัญย่อยในองค์ประกอบเดียวกันของลำดับชั้นที่สูงขึ้นไป ทำให้ได้ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการ ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการในระบบ โลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว

| ทางเลือกการปฏิบัติ<br>ด้านการบริหารจัดการ              | เกณฑ์การตัดสินใจ                      |        |                                                       |        | ผลรวม<br>ของน้ำหนัก<br>ความสำคัญ | ลำดับ<br>ความสำคัญ |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------|
|                                                        | ต้นทุนโลจิสติกส์<br>(Weight = 0.6000) |        | ปริมาณการปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจก<br>(Weight = 0.4000) |        |                                  |                    |
|                                                        | LW                                    | GW     | LW                                                    | GW     |                                  |                    |
| การลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดขึ้นคุณค่า                 | 0.2475                                | 0.1485 | 0.1981                                                | 0.0792 | 0.2277                           | 2                  |
| การลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต/<br>การผลิตที่มากเกินไป | 0.1922                                | 0.1153 | 0.1479                                                | 0.0591 | 0.1745                           | 4                  |
| การใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีใหม่                         | 0.0889                                | 0.0534 | 0.0905                                                | 0.0362 | 0.0895                           | 5                  |
| การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตร<br>ต่อสิ่งแวดล้อม   | 0.2804                                | 0.1682 | 0.3507                                                | 0.1403 | 0.3085                           | 1                  |
| การลดของเสียและมลพิษ                                   | 0.1910                                | 0.1146 | 0.2128                                                | 0.0851 | 0.1997                           | 3                  |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: ทางเลือกในการปฏิบัติข้างต้นเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

จากตารางที่ 3 พบว่า ทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว ที่ผู้เกี่ยวข้องให้ความสำคัญเป็นลำดับที่ 1 คือ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลำดับรองลงมาคือ การลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดขึ้นคุณค่า การลดของเสียและมลพิษ การลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต/การผลิตที่มากเกินไป และการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีใหม่ โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.85, 22.77, 19.97, 17.45 และ 8.95 ตามลำดับ

### 3.2 การเลือกแนวทางปฏิบัติที่สำคัญที่สุดในกิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง

สำหรับกิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง มีแนวทางปฏิบัติที่ 4 แนวทาง ได้แก่ การลดปริมาณสินค้าคงคลัง การลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในคลังสินค้า ภายใต้เกณฑ์ต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีเป้าหมายคือ กิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว ซึ่งผลการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญย่อย (LW) และค่าน้ำหนักความสำคัญโดยรวม (GW) ของแต่ละลำดับชั้น ทำให้ได้ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลังดังตารางที่ 4 ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าวที่ผู้เกี่ยวข้องให้ความสำคัญเป็นลำดับที่ 1 คือ การลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง อันดับรองลงมา คือ การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในคลังสินค้า และการลดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 40.06, 31.11, 15.51 และ 13.32 ตามลำดับ

**ตารางที่ 4** ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในระบบโลจิสติกส์  
ทางเลือกของข้าว

| ทางเลือกการปฏิบัติ<br>ด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง | เกณฑ์การตัดสินใจ                      |        |                                                       |        | ผลรวม<br>ของน้ำหนัก<br>ความสำคัญ | ลำดับ<br>ความสำคัญ |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------|
|                                                    | ต้นทุนโลจิสติกส์<br>(Weight = 0.6000) |        | ปริมาณการปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจก<br>(Weight = 0.4000) |        |                                  |                    |
|                                                    | LW                                    | GW     | LW                                                    | GW     |                                  |                    |
| การลดปริมาณสินค้าคงคลัง                            | 0.1411                                | 0.0847 | 0.1213                                                | 0.0485 | 0.1332                           | 4                  |
| การลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง        | 0.4547                                | 0.2728 | 0.3196                                                | 0.1278 | 0.4006                           | 1                  |
| การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม          | 0.2630                                | 0.1578 | 0.3832                                                | 0.1533 | 0.3111                           | 2                  |
| การลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในคลังสินค้า           | 0.1411                                | 0.0847 | 0.1760                                                | 0.0704 | 0.1551                           | 3                  |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: ทางเลือกในการปฏิบัติข้างต้นเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

### 3.3 การเลือกแนวทางปฏิบัติที่สำคัญสุดในกิจกรรมหลักด้านการขนส่ง

สำหรับกิจกรรมหลักด้านการขนส่ง มีแนวทางปฏิบัติ 5 แนวทาง ได้แก่ การขนส่งสินค้าให้ทันเวลา การลดอุบัติเหตุจากการขนส่ง การใช้พาหนะที่ประหยัดพลังงาน การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก และการส่งสินค้าร่วมกัน เพื่อลดปริมาณการขนส่ง ภายใต้หลักเกณฑ์การตัดสินใจด้านต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีเป้าหมายคือ กิจกรรมหลักด้านการขนส่งในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว ผลการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญย่อย (LW) และค่าน้ำหนักความสำคัญโดยรวม (GW) ของแต่ละลำดับชั้น ทำให้ได้ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมด้านการขนส่ง จากตารางที่ 5 พบว่าทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการขนส่งในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าวที่เกี่ยวข้องให้มีความสำคัญเป็นลำดับที่ 1 คือ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก อันดับรองลงมา คือ การขนส่งสินค้าให้ทันเวลา การส่งสินค้าร่วมกันเพื่อลดปริมาณการขนส่ง การลดอุบัติเหตุจากการขนส่ง และการใช้พาหนะที่ประหยัดพลังงาน โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26.78, 21.34, 20.48, 16.28 และ 15.11 ตามลำดับ

**ตารางที่ 5** ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านขนส่งในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว

| ทางเลือกการปฏิบัติ<br>ด้านการขนส่ง           | เกณฑ์การตัดสินใจ                      |        |                                                       |        | ผลรวม<br>ของน้ำหนัก<br>ความสำคัญ | ลำดับ<br>ความสำคัญ |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------|
|                                              | ต้นทุนโลจิสติกส์<br>(Weight = 0.6000) |        | ปริมาณการปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจก<br>(Weight = 0.4000) |        |                                  |                    |
|                                              | LW                                    | GW     | LW                                                    | GW     |                                  |                    |
| การขนส่งสินค้าให้ทันเวลา                     | 0.2810                                | 0.1686 | 0.1122                                                | 0.0449 | 0.2134                           | 2                  |
| การลดอุบัติเหตุจากการขนส่ง                   | 0.1940                                | 0.1164 | 0.1161                                                | 0.0464 | 0.1628                           | 4                  |
| การใช้พาหนะที่ประหยัดพลังงาน                 | 0.1238                                | 0.0743 | 0.1921                                                | 0.0768 | 0.1511                           | 5                  |
| การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก               | 0.2524                                | 0.1514 | 0.2909                                                | 0.1164 | 0.2678                           | 1                  |
| การส่งสินค้าร่วมกันเพื่อลดปริมาณ<br>การขนส่ง | 0.1488                                | 0.0893 | 0.2888                                                | 0.1155 | 0.2048                           | 3                  |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: ทางเลือกในการปฏิบัติข้างต้นเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

### 3.4 การเลือกแนวทางปฏิบัติที่สำคัญที่สุดในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว

จากผลการเลือกแนวทางการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการ ด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และด้านการขนส่งข้างต้น ทำให้ได้แนวทางปฏิบัติสำหรับใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว 3 แนวทาง ได้แก่ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก ภายใต้หลักเกณฑ์การตัดสินใจด้านต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญย่อย (LW) และค่าน้ำหนักความสำคัญโดยรวม (GW) ของแต่ละลำดับชั้น ทำให้ได้ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการขนส่ง ผลการวิจัยพบว่า ทางเลือกการปฏิบัติในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าวที่ผู้เกี่ยวข้องให้ความสำคัญเป็นลำดับที่ 1 คือ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก อันดับรองลงมา คือ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 58.60, 28.03 และ 13.37 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลำดับความสำคัญของทางเลือกการปฏิบัติในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว

| ทางเลือกการปฏิบัติ<br>ในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว | เกณฑ์การตัดสินใจ                      |        |                                                       |        | ผลรวม<br>ของน้ำหนัก<br>ความสำคัญ | ลำดับ<br>ความสำคัญ |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------|
|                                                       | ต้นทุนโลจิสติกส์<br>(Weight = 0.6000) |        | ปริมาณการปล่อย<br>ก๊าซเรือนกระจก<br>(Weight = 0.4000) |        |                                  |                    |
|                                                       | LW                                    | GW     | LW                                                    | GW     |                                  |                    |
| การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตร<br>ต่อสิ่งแวดล้อม  | 0.2857                                | 0.1714 | 0.2721                                                | 0.1088 | 0.2803                           | 2                  |
| การลดความเสียหายจากการเก็บรักษา<br>สินค้าคงคลัง       | 0.1429                                | 0.0857 | 0.1199                                                | 0.0480 | 0.1337                           | 3                  |
| การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก                        | 0.5714                                | 0.3429 | 0.6080                                                | 0.2432 | 0.5860                           | 1                  |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: ทางเลือกในการปฏิบัติข้างต้นเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ พ่อค้าคนกลาง และผู้ประกอบการโรงสี

### ความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือก

ในการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ทางเลือก แม้ว่าจะช่วยลดต้นทุนที่เป็นตัวเงินและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว แต่ในกระบวนการพัฒนาย่อมต้องมีการลงทุน เช่น การลงทุนในเครื่องจักร ยานพาหนะ เป็นต้น ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้น ดังนั้น การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกที่ได้จากผลจากการวิจัยข้างต้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยในการตัดสินใจ วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ความคุ้มค่า 2 ด้าน ได้แก่ ความคุ้มค่าทางการเงิน ประกอบด้วย ต้นทุนที่ประหยัดได้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทน และความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม จากการเปรียบเทียบปริมาณมากปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลจากการวิเคราะห์แนวทางปฏิบัติในระบบโลจิสติกส์ทางเลือก ทำให้ได้แนวทางที่ผู้เกี่ยวข้องให้ความสำคัญเป็นอันดับที่หนึ่ง คือ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก จากการประชุมแบบมีส่วนร่วมเพื่อหารูปแบบของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก จึงได้ข้อสรุปว่า รูปแบบที่เป็นไปได้มากที่สุด คือ การเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นการใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจี ดังนั้นในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของแบบจำลองต้นแบบในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว จะวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นติดตั้งและการใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจี

#### 1) ความคุ้มค่าทางการเงิน

ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินใช้การคำนวณต้นทุนที่ประหยัดได้จากการจากการใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นติดตั้งและการใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจีนั้น ได้วิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับต้นทุนของระบบโลจิสติกส์ในปัจจุบันกับต้นทุน

ของแบบจำลองทางเลือก โดยข้อมูลพื้นฐานด้านต้นทุนในการติดตั้งแก๊สทั้งสองชนิด และแนวโน้มราคาเฉลี่ยต่อปีของน้ำมันดีเซล แก๊สเอ็นจีวี และแก๊สแอลพีจี แสดงดังตารางที่ 7

เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาคำนวณต้นทุนที่ประหยัดได้โดยคิดเทียบกับต้นทุนโลจิสติกส์ในระบบดั้งเดิมที่ใช้ น้ำมันดีเซล กับต้นทุนในระบบโลจิสติกส์จากการเลือกใช้แก๊สเอ็นจีวีและแก๊สแอลพีจี และคิดเฉพาะต้นทุนผันแปรเท่านั้น โดยยังไม่คำนึงถึงต้นทุนการติดตั้งอุปกรณ์ ผลการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือกทั้งสองประเภท ทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ลดลงอย่างมากโดยเฉพาะในระดับของผู้ประกอบการโรงสี ทั้งนี้เนื่องจากผู้ประกอบการโรงสีจะมีการขนส่งผลผลิตข้าวบ่อยครั้ง และต้องใช้เชื้อเพลิงในปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อใช้แก๊ส เอ็นจีวีและแอลพีจีทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล จะทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ลดลง ร้อยละ 22.73 และ 16.27 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 7** ข้อมูลพื้นฐานด้านต้นทุนในการติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจีและแนวโน้มราคาเฉลี่ยต่อปีของน้ำมันดีเซล แก๊สเอ็นจีวี และแก๊สแอลพีจี

| ประเภท<br>เชื้อเพลิง | ต้นทุน<br>การติดตั้ง<br>(บาท/คัน) | ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อปี <sup>a</sup> (บาท/หน่วย) |       |       |       |                   | ราคาเฉลี่ย<br>5 ปีซ้อนหลัง<br>(บาท/หน่วย) | อัตราการสิ้นเปลือง<br>พลังงาน <sup>c</sup> (กิโลเมตร<br>ต่อหน่วย) |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                      |                                   | 2555                                               | 2556  | 2557  | 2558  | 2559 <sup>b</sup> |                                           |                                                                   |
| น้ำมันดีเซล          | -                                 | 23.68                                              | 25.21 | 30.18 | 30.71 | 31.02             | 28.16                                     | 12                                                                |
| แก๊ส NGV             | 60,000                            | 13.74                                              | 13.83 | 11.90 | 11.24 | 10.90             | 12.32                                     | 14                                                                |
| แก๊ส LPG             | 30,000                            | 14.05                                              | 14.58 | 13.84 | 11.33 | 11.07             | 12.97                                     | 10                                                                |

ที่มา: การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.), 2559; สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2559; สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2559.

หมายเหตุ: <sup>a</sup> ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อปีใช้ราคาเฉลี่ยจากทั้งสามจังหวัดเป้าหมาย โดยน้ำมันดีเซล และแก๊ส LPG หน่วยเป็นบาทต่อลิตร ส่วนแก๊ส NGV หน่วยเป็นบาทต่อกิโลกรัม

<sup>b</sup> คิตรายราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคมถึงกรกฎาคม 2559.

<sup>c</sup> อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานคิดจากการขับด้วยอัตราความเร็วปกติ.

**ตารางที่ 8** ต้นทุนที่ประหยัดได้จากการเลือกใช้แบบจำลองโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว

| หน่วยวิเคราะห์        | ต้นทุนโลจิสติกส์:<br>ใช้น้ำมันดีเซล<br>(บาท/กิโลกรัม) | โลจิสติกส์ทางเลือก: ใช้แก๊ส NGV        |                                                 | โลจิสติกส์ทางเลือก: ใช้แก๊ส LPG        |                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                       |                                                       | ต้นทุน<br>โลจิสติกส์<br>(บาท/กิโลกรัม) | สัดส่วนการ<br>เปลี่ยนแปลงของ<br>ต้นทุน (ร้อยละ) | ต้นทุน<br>โลจิสติกส์<br>(บาท/กิโลกรัม) | สัดส่วนการ<br>เปลี่ยนแปลงของ<br>ต้นทุน (ร้อยละ) |
| เกษตรกร               | 2.06                                                  | 1.90                                   | -7.89                                           | 1.94                                   | -5.65                                           |
| พ่อค้าคนกลาง          | 1.29                                                  | 1.01                                   | -21.80                                          | 1.09                                   | -15.60                                          |
| กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์   | 1.13                                                  | 0.94                                   | -17.15                                          | 0.99                                   | -12.27                                          |
| ผู้ประกอบการโรงสีข้าว | 4.51                                                  | 3.49                                   | -22.73                                          | 3.78                                   | -16.27                                          |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: ต้นทุนโลจิสติกส์ของการใช้น้ำมันดีเซล แก๊ส NGV และแก๊ส LPG มีหน่วยเป็น บาทต่อกิโลกรัมข้าว (บาทต่อข้าว 1 กิโลกรัม)

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในการติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจีมีต้นทุนในการติดตั้งเกิดขึ้น ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน โดยวิเคราะห์มูลค่าที่ประหยัดได้และต้นทุนจากการติดตั้งอุปกรณ์ ผลจากการวิจัย พบว่าผู้ประกอบการโรงสีข้าวแม้ว่าจะลงทุนมากที่สุด แต่มูลค่าที่ประหยัดได้สูง ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการเปลี่ยนมาใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจีเท่ากับ 0.52 และ 0.24 ปี หรือประมาณ 6 และ 3 เดือน ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ระยะเวลาในการคืนทุนจากการเลือกใช้แบบจำลองโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าว

| หน่วยวิเคราะห์                     | กรณีใช้แก๊ส NGV    |                                                     |                                 | กรณีใช้แก๊ส LPG    |                                                     |                                 |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|
|                                    | เงินลงทุน<br>(บาท) | มูลค่า<br>ที่ประหยัดได้<br>ต่อปี <sup>๑</sup> (บาท) | ระยะเวลา<br>ในการคืนทุน<br>(ปี) | เงินลงทุน<br>(บาท) | มูลค่า<br>ที่ประหยัดได้<br>ต่อปี <sup>๑</sup> (บาท) | ระยะเวลา<br>ในการคืนทุน<br>(ปี) |
| เกษตรกร                            | 60,000             | 13,570.92                                           | 4.42                            | 30,000             | 13,901.35                                           | 2.16                            |
| พ่อค้าคนกลาง                       | 60,000             | 20,175.00                                           | 2.97                            | 30,000             | 21,774.29                                           | 1.38                            |
| กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์                | 60,000             | 18,725.00                                           | 3.20                            | 30,000             | 19,826.73                                           | 1.51                            |
| ผู้ประกอบการโรงสีข้าว <sup>๒</sup> | 180,000            | 348,500.00                                          | 0.52                            | 90,000             | 377,642.61                                          | 0.24                            |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: <sup>๑</sup> มูลค่าที่ประหยัดได้ต่อปีคิดจากต้นทุนที่ประหยัดได้คูณด้วยปริมาณที่ขายได้ทั้งหมด

<sup>๒</sup> ผู้ประกอบการโรงสีข้าวลงทุนโดยใช้พาหนะทั้งหมด 3 คัน

## 2) ความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม

สำหรับความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อมใช้การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบโลจิสติกส์ในปัจจุบันที่มีการใช้น้ำมันดีเซลกับระบบโลจิสติกส์ในแบบจำลองทางเลือก โดยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและข้อมูลสำคัญอื่นๆ ที่ใช้ในการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม

| ประเภทเชื้อเพลิง | หน่วย    | ค่า GHG Emissions<br>(kgCO <sub>2</sub> e/หน่วย) | อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน <sup>๑</sup><br>(กิโลเมตรต่อหน่วย) |
|------------------|----------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| น้ำมันดีเซล      | ลิตร     | 2.7080                                           | 12                                                           |
| แก๊ส NGV         | กิโลกรัม | 0.2377                                           | 14                                                           |
| แก๊ส LPG         | ลิตร     | 0.2692                                           | 10                                                           |

ที่มา: IPCC (2006), กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2554)

จากข้อมูลในตารางที่ 10 เมื่อนำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยคิดเทียบระหว่างระบบโลจิสติกส์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล กับระบบโลจิสติกส์ที่ใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจี ผลการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือกทั้งสองประเภท ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง โดยการใช้แก๊สเอ็นจีวีมีส่วนการลดลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการใช้แก๊สแอลพีจี แสดงดังตารางที่ 11 แม้ว่าสัดส่วนของก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์จะลดลงไม่มาก แต่เมื่อนำไปคิดต่อผลผลิตข้าวทั้งหมดสัดส่วนดังกล่าวสามารถช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้พอสมควร

ตารางที่ 11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลือกใช้แบบจำลองโลจิสติกส์ทางเลือก

| หน่วยวิเคราะห์        | ปริมาณการปล่อย GHG (kgCO <sub>2</sub> e/kg. product) |                |                |
|-----------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------|
|                       | การใช้น้ำมันดีเซล                                    | การใช้แก๊ส NGV | การใช้แก๊ส LPG |
| เกษตรกร               | 3.2935                                               | 3.2917         | 3.2918         |
| พ่อค้าคนกลาง          | 0.0132                                               | 0.0095         | 0.0097         |
| กลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์   | 0.0080                                               | 0.0055         | 0.0056         |
| ผู้ประกอบการโรงสีข้าว | 0.6985                                               | 0.6960         | 0.6961         |

ที่มา: จากการวิเคราะห์

หมายเหตุ: ปริมาณการปล่อย GHG มีหน่วยเป็น kgCO<sub>2</sub>e/kg. ข้าว (kgCO<sub>2</sub>e ต่อข้าว 1 กิโลกรัม)

## การอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมายพบว่า ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลองทางเลือกระบบโลจิสติกส์ทางเลือกในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมายจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา ผ่านที่ประชุมแบบมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้อง โดยได้ออกแบบระบบโลจิสติกส์ข้าวแบบสิ้นซึ่งเน้นการลดต้นทุนต่ำสุดและแบบกรีนที่เน้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุด จากนั้นจึงได้ใช้แนวคิดกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เข้ามาใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาทางเลือกการปฏิบัติที่เหมาะสม โดยทำการวิเคราะห์ AHP สองครั้ง ซึ่งผลการเลือกแนวทางการปฏิบัติในกิจกรรมหลักด้านการบริหารจัดการ ด้านการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และด้านการขนส่งข้างต้น ทำให้ได้แนวทางปฏิบัติสำหรับใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจ 3 แนวทาง ได้แก่ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกภายใต้หลักเกณฑ์การตัดสินใจด้านต้นทุนโลจิสติกส์และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการวิจัยพบว่า ทางเลือกการปฏิบัติในระบบโลจิสติกส์ทางเลือกของข้าวที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญเป็นลำดับที่หนึ่ง คือ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกอันดับรองลงมา คือ การจัดซื้อปัจจัยการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการลดความเสียหายจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง

สำหรับความคุ้มค่าของแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ทางเลือกได้ข้อสรุปว่ารูปแบบที่เป็นไปได้มากที่สุด คือ การเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นการใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจี โดยผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการเงินพบว่า เมื่อไม่คำนึงถึงต้นทุนคงที่จากการลงทุนอุปกรณ์ติดตั้งการใช้แก๊สเอ็นจีวีและแอลพีจีทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล จะทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ลดลง ซึ่งแม้ว่าจะมีการลงทุนมากขึ้นแต่ในระยะยาวมูลค่าที่ประหยัดได้มีความคุ้มค่า เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัย พบว่า การเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือกทั้งสองประเภท ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง โดยการใช้แก๊สเอ็นจีวีมีส่วนการลดลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการใช้แก๊สแอลพีจี

ผลการวิจัยที่ได้นำมาซึ่งข้อสังเกต 2 ประเด็น คือ *ประเด็นที่หนึ่ง* การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนกับการบริหารจัดการของเกษตรกรและการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากการขนส่ง โดยผลจากการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อนชี้ให้เห็นว่า เกษตรกรมีส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด ซึ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซส่วนใหญ่ของเกษตรกรเกิดขึ้นในกิจกรรมด้านการบริหารจัดการ ตั้งแต่การเลือกใช้ปัจจัยการผลิตที่มีสารเคมีหรือสารอันตราย การเผาฟางและต่อข้าวหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัย Gadde et al. (2009) และ Launio et al. (2016) ที่ชี้ให้เห็นว่าการเผาฟางข้าวเป็นการปล่อยมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผลการศึกษาของ Pathak et al. (2010) และ Sim et al. (2015) ที่แสดงให้เห็นว่าการทำเกษตร และการผลิตและการแปรรูปสินค้า เป็นภาคส่วนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยเฉพาะในขั้นตอนการผลิตขั้นต้นที่เกิดจากการผลิต การใช้ปัจจัยการผลิตและ เครื่องจักรในฟาร์ม และการจัดการดินและสารตกค้าง ผลการวิจัยที่ได้นำน้อมาในปัญหาด้านการจัดการของเกษตรกรไทยในระบบโลจิสติกส์โดยเฉพาะปัญหาด้านกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เพราะกิจกรรมด้านนี้ไม่เพียงแต่ทำให้ต้นทุนสูงเท่านั้นยังเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาวะโลกร้อนอันเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wassman and Dobbermann (2006) และ Launio et al. (2016) ที่ชี้ให้เห็นว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวเป็นปัญหาที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งการลดผลกระทบขึ้นอยู่กับแนวทางการจัดการของเกษตรกร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในระบบโลจิสติกส์โดยรวม กิจกรรมที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและเกิดขึ้นทุกระดับของหน่วยวิเคราะห์ระบบ คือกิจกรรมด้านการขนส่ง ซึ่งปัญหาเกิดจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอย่างสิ้นเปลืองในการขนส่ง และการจัดการเส้นทางขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ อาทิ การขนส่งปัจจัยการผลิตของเกษตรกรที่ไม่มีการวางแผนล่วงหน้า ทำให้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การไม่ได้วางแผนเส้นทางขนส่งของพ่อค้าคนกลางในการรวบรวมผลผลิตข้าวจากเกษตรกรและการขนส่งไปยังโรงสี หรือการขนส่งผลผลิตข้าวของผู้ประกอบการโรงสีโดยบรรทุกเต็มอัตราไหลพร้อมกับการใช้้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้แล้วก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง ดังนั้นจึงปริมาณการขนส่งที่มากขึ้นทั้งน้ำหนักการบรรทุกทุกสินค้าและจำนวนเที่ยวในการขนส่ง ยิ่งส่งผลกระทบ

ให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้นตามไปด้วย และ ประเด็นที่สอง การใช้พลังงานทดแทนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติมากที่สุด และเห็นผลชัดเจนทั้งในด้านการลดต้นทุนโลจิสติกส์และการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pathak et al. (2010), Chitragar (2016) และ Duc and Duy (2018) ผลจากการวิจัยแบบมีส่วนร่วมทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบโลจิสติกส์เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจควบคู่กับการคำนึงถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมของตนเอง โดยเห็นว่าการใช้พลังงานทางเลือกเป็นสิ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายและผู้ที่อยู่ในระบบโลจิสติกส์สามารถทำได้

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้ความสำคัญกับองค์ความรู้ด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งสำคัญที่องค์กรของภาครัฐและเอกชน รวมถึงสถาบันการศึกษา ต้องร่วมมือกันส่งเสริมและกระตุ้นให้เกษตรกรมีการปฏิบัติที่ถูกต้อง เพื่อลดปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น
2. การลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาาระบบโลจิสติกส์ทั้งด้านการบริหารจัดการ การจัดซื้อจัดหาปัจจัยการผลิต/ผลผลิต การเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และการขนส่ง เพื่อให้เกิดการลดต้นทุนและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้เทคโนโลยีที่สะอาดหรือการพัฒนาพลังงานทดแทนอื่นๆ เป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลผลิตข้าวไทย นอกจากนี้ในการวิจัยและพัฒนา ควรสร้างนักวิจัยในท้องถิ่นซึ่งก็คือ เกษตรกร เพื่อให้เกิดการบูรณาการร่วมกันระหว่างความรู้ทางทฤษฎีจากนักวิชาการและความรู้จากประสบการณ์ของเกษตรกรซึ่งจะทำให้การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้บรรลุผลสำเร็จอย่างแท้จริง
3. การรวมกลุ่มของเกษตรกร การสร้างเครือข่ายเกษตรกรทั้งที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันและนอกพื้นที่ รวมถึงการประสานงานกันระหว่างเกษตรกร ผู้รวบรวมผลผลิต ผู้ประกอบการโรงสี และผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ จะช่วยเพิ่มศักยภาพและยกระดับความสามารถในการแข่งขันให้แก่เกษตรกร และสร้างความเข้มแข็งให้แก่ผู้ที่อยู่ในระบบโลจิสติกส์ข้าวทั้งระบบ
4. จากผลการวิจัยทำให้เกิดแนวทางการปฏิบัติโดยการใช้พลังงานทดแทน คือ แก๊ส NGV และ LPG โดยเฉพาะแก๊ส NGV ที่ก่อนให้เกิดการลดลงของต้นทุนการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญในปัจจุบัน คือ สถานีที่ให้บริการ NGV มีไม่เพียงพอ ปริมาณแก๊ส NGV ที่ขายในท้องตลาดไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงทำให้เกิดอุปสงค์ส่วนเกินในระดับสูง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานทางเลือก ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมที่สามารถทำให้เกิดผลได้จริงจากทรัพยากรที่มีอยู่ ด้วยการเพิ่มสถานีให้บริการให้มากขึ้น และเพียงพอต่อความต้องการที่มีอยู่ในปัจจุบัน

## กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “ระบบโลจิสติกส์ทางเลือกเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของข้าวในพื้นที่เป้าหมาย: จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา” ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกเพื่อการวิจัย และขอขอบคุณคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์บุคลากรในสังกัดมาเป็นนักวิจัยร่วมในโครงการ จึงทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2554). *แนวทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้รับฉลากคาร์บอน*. กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมการใช้ฉลากคาร์บอนสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน.
- การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.). (2559). *ราคาน้ำมันขายปลีก กทม.และปริมณฑล*. สืบค้นจาก <http://www.pttplc.com/TH/Media-Center/Oil-Price/pages/Bangkok-Oil-Price.aspx>.
- มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2552). *การข้าว*. สืบค้นจาก <http://www.openbase.in.th/node/10278>.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2559). *ราคาขายปลีกมาตรฐาน ในเขต กทม. นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ*. สืบค้นจาก [http://27.254.37.81/eposite/index.php/th/petroleum/price/oil-price?orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://27.254.37.81/eposite/index.php/th/petroleum/price/oil-price?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1).
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ยุทธศาสตร์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมข้าว (พ.ศ.2554-2559)*. สืบค้นจาก <http://www.nstda.or.th/pub/2012/20120917-strategic-rice-2011-2016.pdf>.
- สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. (2559). *สถิติความเคลื่อนไหวราคาสินค้า*. สืบค้นจาก <http://www.price.moc.go.th/content1.aspx?cid=19>.
- Chitragar, P.R. (2016). An experimental study on combustion and emission analysis of four cylinders 4-stroke gasoline engine using pure hydrogen and LPG at idle condition. *Energy Procedia*, 90, 525-534.
- Dong, Q., and Cooper, O. (2016). A peer-to-peer dynamic adaptive consensus reaching model for the group AHP decision making. *European Journal of Operational Research*, 250(2), 521-530.
- Duc, K.N., and Duy, V.N. (2018). Study on performance enhancement and emission reduction of used fuel-injected motorcycles using bi-fuel gasoline-LPG. *Energy for Sustainable Development*, 43, 60-67.
- Dües, C.M., Tan, K.H., and Lim, M. (2013). Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93-100.
- Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., and Garivait, S. (2009). Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. *Environmental Pollution*, 157(5), 1554-1558.
- Galeazzo, A., Furlan, A., and Vinelli, A. (2014). Lean and green in action: Interdependencies and performance of pollution prevention projects. *Journal of Cleaner Production*, 85, 191-200.
- Gürçan, O.F., Yazici, I., Beyca, O.F., Arslan, C.Y., and Eldemir, F. (2016). Third party logistics (3PL) provider selection with AHP application. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 235, 226-234.
- Ho, W., Bennett, D.J., Mak, K.L., Chuah, K.B., Lee, C.K.M., and Hall, M.J. (2009). Strategic logistics outsourcing: an integrated QFD and AHP approach. *Industrial Engineering and Engineering Management*, 39(12), 10841-10850.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Available <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- Karanik, M., Wanderer, L., Gomez-Ruiz, J.A., and Pelaez, J.I. (2016). Reconstruction methods for AHP pairwise matrices: how reliable are they? *Applied Mathematics and Computation*, 279, 103-124.
- Launio, C.C., Asis, C.A., Manalili, R.G., and Javier, E.F. (2016). Cost-effectiveness analysis of farmers' rice straw management practices considering CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions. *Journal of Environmental Management*, 183, 245-252.

- Martínez-Jurado, P.J., and Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean management, supply chain management and sustainability: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 85, 134-150.
- Pampanelli, A.B., Found, P, and Bernardes, A.M. (2014). A lean & green model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 85, 19-30.
- Pathak, H., Jain, N., Bhatia, A., Patel, J., and Aggarwal, P.K. (2010). Carbon footprints of Indian food items. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, 66-73.
- Russo, R.F.S.M. and Camanho, R. (2015). Criteria in AHP: A systematic review of literature. *Procedia Computer Science*, 55, 1123-1132.
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill.
- \_\_\_\_\_. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- \_\_\_\_\_. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Sims, R., Flammini, A., Puri, M., and Bracco, S. (2015). *Opportunities For Agri-Food Chains To Become Energy-Smart*. FAO and USAID. Available <http://www.fao.org/3/a-i5125e.pdf>.
- Singh, R.P., and Nachtnebel, H.P. (2016). Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 43-58.
- Thengane, S.K., Hoadley, A., Bhattacharya, S., Mitra, S., and Bandyopadhyaya, S. (2014). Cost-benefit analysis of different hydrogen production technologies using AHP and Fuzzy AHP. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(28), 15293-15306.
- Ugarte, G.M., Golden, J.S., and Dooley, K.J. (2016). Lean versus green: The impact of lean logistics on greenhouse gas emissions in consumer goods supply chains. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(2), 98-109.
- Wassman, R., and Dobbermann, A. (2006). Greenhouse gas emissions from rice fields: What do we know and where should we head for? Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”, 21-23 November 2006, Bangkok, Thailand.