การลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศผ่านโปรแกรม LINGO: กรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่น

วฒี พิพัฒน์ไชยศิริ
วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปณัทพร เรืองเชิงชุม*
วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***Correspondence:** rpanut@kku.ac.th
doi: XXXXX
วันที่รับบทความ: 21 ส.ค. 2563 วันแก้ไขบทความ: 11 ก.ย. 2563 วันตอบรับบทความ: 25 ก.ย. 2563

บทคัดย่อ

การลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้า ทำให้สามารถลดระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนการขนส่งที่ไม่จำเป็น โดยอาศัยวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อย รายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตแบบมีส่วนร่วม รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่ม ซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 15 รายและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องมีและกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศผ่านโปรแกรม LINGO ผลการวิจัยพบว่า เมื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ พบว่าสามารถลดระยะเวลาจาก 7.40 ชั่วโมง เหลือเพียง 3.91 ชั่วโมง หรือลดลงร้อยละ 47.16 ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ถึงร้อยละ 16.13 ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ผู้ปฏิบัติงานให้ความสำคัญต่อการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย รวมทั้งการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและลดต้นทุนในการขนส่งประสิทธิภาพซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประสิทธิภาพในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยได้ต่อไป

คำสำคัญ: ความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้า; กระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย; แบบจำลองทางคณิตศาสตร์; เทคโนโลยีสารสนเทศ; โรงงานน้ำตาล

Reduction of Waste from the Delay of Sugar Cane Truck Allocation Using a Mathematical Model by Applying Information via LINGO Application: A Case Study of a Sugar Mill in Khon Kaen Province

Worthy Pipatchaisiri

College of Graduate Study in Management, Khon Kaen University

Panutporn Ruangchoengchum*

College of Graduate Study in Management, Khon Kaen University

***Correspondence:** rpanut@kku.ac.th

doi: XXXXX

Received: 21 Aug 2020 Revised: 11 Sep 2020 Accepted: 25 Sep 2020

Abstract

Reduction of waste from delay can reduce non-value-added time which can lead to decrease in unnecessary transportation costs. The reduction of waste from delay can be determined using a mathematical model. The aim of this research was to study the reduction of waste from the delay of sugar cane truck allocation by developing and using a mathematical model to assist in the allocation of trucks. Data were collected via participant observations and in-depth interviews along with focus group interview with 15 key informants and then analyzed through a process flow-chart mapping to determine value-added activities, non-value-added but necessary activities, and non-value-added activities, together with analysis using a mathematical model by applying information via LINGO application. The results showed that the reduction of waste from delay could be achieved by using a mathematical model to assist in the truck allocation process. The process time could be reduced from 7.40 hours down to 3.91 hours, representing a 47.16% reduction in truck allocation process time which leads to 16.13% in reduction of transportation costs. Therefore, reduction of waste from the delay in truck allocation process with the application of a mathematical model together with Information Technology is recommended as it improves the speed and reduces the costs associated with transportation and overall improve the efficiency of the truck allocation process.

Keywords: Waste from the delay; Truck allocation; Mathematical model; Information technology; Sugar mill

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

น้ำตาลเป็นหนึ่งในสินค้าอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2563) ดังจะเห็นได้จากที่โรงงานน้ำตาลสามารถผลิตน้ำตาลที่สามารถส่งออกได้เป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากบราซิล โดยมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 2,980.14 ล้านเหรียญสหรัฐ (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2563) โดยในการผลิตน้ำตาลจะมีช่วงเวลาเพียงแค่ 5 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่จะได้ผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นโรงงานน้ำตาลจึงจำเป็นต้องมีการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย เพื่อมอบหมายตารางงานให้แก่ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยที่จะไปบริการบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยที่จะนำอ้อยมาส่งโรงงาน เพื่อให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

อย่างไรก็ตาม ระหว่างปี 2559 ถึงปี 2562 พบว่าผู้ประกอบการโรงงานน้ำตาลในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่นได้เผชิญปัญหาความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย โดยใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยมากกว่า 7 ชั่วโมงต่อชาวไร่อ้อยรายย่อย 5 รายและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย 3 ราย (แผนกจัดหาวัตถุดิบ โรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่น, 2562) ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด (เฉลี่ยไม่เกิน 3 ชั่วโมงต่อราย) จึงส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งระหว่างปี 2559 ถึง 2562 เพิ่มขึ้นจาก 6,235.18 บาท เป็น 7,811.94 บาท (แผนกจัดหาวัตถุดิบ โรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่น, 2562)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าส่วนใหญ่ได้ศึกษาความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุก ตั้งแต่ประเด็นการลดความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกมะเขือเทศ โดยพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่รวดเร็วและเหมาะสม (Gerbier et al., 2017) การลดความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกด้วยการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อวางแผนการจัดตารางการเก็บเกี่ยวมะกอก (Herrera-Cáceres et al., 2017) การลดความล่าช้าจากกระบวนการจัดสรรเพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวอ้อย (Santoro et al., 2017) การลดความล่าช้าจากกระบวนการจัดสรรรถในเขตชุมชนเดียวกัน (Bertsimas et al., 2019) การลดความล่าช้าจากกระบวนการจัดสรรเส้นทางการเคลื่อนย้ายเพื่อให้รวดเร็วและปลอดภัยที่สุด (Hara et al., 2020) แต่บางส่วนยังไม่ได้กล่าวถึงการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้า โดยเฉพาะในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยที่อาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้แนวคิดการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางลดระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย ขณะที่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ด้วยเหตุนี้ ผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาถึงการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยศึกษาโรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่นเป็นกรณีศึกษา ผลจากการศึกษานี้ ทำให้สามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าได้ระยะเวลาตามมาตรฐานที่กำหนด ส่งผลต่อการลดต้นทุนการขนส่งในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อโรงงานน้ำตาลรวมถึงธุรกิจอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนภูมิกระบวนการไหล

Heizer and Render (2014) กล่าวถึง แผนภูมิกระบวนการไหลว่าเป็นแผนผังที่ใช้สัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ทำให้ทราบลำดับหรือรายละเอียดของกิจกรรมในกระบวนการ ตั้งแต่การไหลของวัตถุดิบจนถึงแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์ รวมถึงทำให้สามารถเห็นภาพรวมของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน โดยสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิกระบวนการไหล กำหนดตามมาตรฐานของ American Society of Mechanical Engineers (ASME) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยการวิจัยนี้ ได้นำแผนภูมิกระบวนการไหลมาวิเคราะห์กิจกรรมในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยเพื่อศึกษาความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าต่อไป

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิกระบวนการไหลตามมาตรฐานของ ASME

สัญลักษณ์	ความหมาย	กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง
●	การดำเนินการ (Operation)	กิจกรรมที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนแปลง รวมถึงการจัดเตรียมและการวางแผน
➡	การขนส่ง (Transportation)	กิจกรรมที่เกิดการเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง
D	ความล่าช้า (Delay)	กิจกรรมที่เกิดความล่าช้าหรือหยุดรอพัก
■	การตรวจสอบ (Inspection)	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพของงานหรือเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ
▼	การจัดเก็บ (Storage)	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาวัสดุหรือชิ้นส่วน

ที่มา: Heizer and Render (2014)

2.2 ความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้า

Monden and Kurokawa (2010) ได้กล่าวถึงความสูญเปล่า (Waste) ที่เกิดจากความล่าช้าว่า เป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า โดยเฉพาะความสูญเปล่าจากความล่าช้าที่เกิดจากการรองาน ทำให้มีต้นทุนผู้ปฏิบัติงานที่เสียเวลาจากการรอคอยและเกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน ทำให้ประสิทธิภาพขององค์กรลดลง โดยสามารถศึกษาความสูญเปล่าได้จากวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่ม (Non-Value-Added: NVA) ซึ่งเป็นความสูญเปล่าที่เกิดจากกิจกรรมที่ไม่จำเป็น ซึ่งควรกำจัดออกไปจากกระบวนการ เช่น ความล่าช้า หรือเวลารอคอย ซึ่งเป็นความสูญเปล่าที่เกิดจากการรองานจากแรงงาน หรือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ขณะที่กิจกรรมที่จำเป็นต้องมีแต่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่ม (Non-Value-Added but Necessary: NNVA) เป็นความสูญเปล่าที่จำเป็นต้องยอมให้เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น การเดินในระยะไกลเพื่อหยิบชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบ หรือการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์หรือเครื่องมือระหว่างการผลิต อย่างไรก็ตาม กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value-Added: VA) เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่มีคุณค่าในการดำเนินงานซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุดิบ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยการวิจัยนี้ ได้นำความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้ามาวิเคราะห์ในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

2.3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

Carter (1996) และ สุชาดา กีระนันท์ (2541) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีสารสนเทศว่าเป็นการนำข้อมูลสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในคอมพิวเตอร์ด้วยการจัดเก็บหรือรวบรวมและประมวลผลข้อมูล เพื่อทำการตัดสินใจและวางแผนให้การปฏิบัติงานและการบริหารขององค์กรรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดย O'brien and Marakas (2005) นำข้อมูลสารสนเทศเข้าระบบ (Input) รวมถึงประมวลผล (Processing) และนำเสนอข้อมูล (Output) ซึ่งการวิจัยนี้ได้นำข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากการเชื่อมโยงเทคโนโลยีสารสนเทศทั้งหมดมาวิเคราะห์ในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ด้วยวิธี แม่นตรง (Exact or complete algorithms) และทดสอบผลผ่านโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0 (Version 13.0) ในคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาเงื่อนไข (Constraints) ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ค่าผลเฉลยจากฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function) ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อจะได้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) ต่อไป

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed method) ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative research) และเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยดำเนินการเก็บและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ด้วยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant observation) เพื่อสังเกตการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมร่วมกับการศึกษาเวลาด้วยการจับเวลา (Stopwatch) ใน แต่ละกิจกรรมรวม 5 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth interview) ด้วยคำถามแบบปลายเปิด โดยถามผู้ให้ข้อมูลหลักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย รวมจำนวน 15 ราย ได้แก่ ตัวแทนชาวไร่อ้อยรายย่อยที่เคยเป็นคู่ค้ากับโรงงานน้ำตาลจำนวน 5 ราย โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกผู้ให้ข้อมูลหลักจากที่มีประสบการณ์ในการเป็นคู่ค้ากับโรงงานน้ำตาลมาแล้วไม่ต่ำกว่า 5 ปี โดยถามในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับจำนวนไร่อ้อยและทำเลที่ตั้ง รวมทั้งช่วงเวลาที่สามารถ รับบริการได้ ตลอดจนปัญหาต่างๆ ที่เคยเกิดขึ้นในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย นอกจากนี้ ยังถามตัวแทนผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยที่เคยเป็นคู่ค้ากับโรงงานน้ำตาล จำนวน 3 ราย โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกผู้ให้ข้อมูลหลักจากที่ประสบการณ์ในการเป็นคู่ค้ากับโรงงานน้ำตาลมาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ปี โดยถามในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับจำนวนและขนาดของรถบรรทุก ทำเลที่ตั้ง และช่วงเวลาที่สามารถให้บริการได้ รวมทั้งปัญหาต่างๆ ที่เคยเกิดขึ้นในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย และถามตัวแทนฝ่ายโรงงานแผนกจัดหาวัตถุดิบที่ได้รับมอบหมายให้ทำการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยจำนวน 7 ราย โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกผู้ให้ข้อมูลหลักจากที่มีประสบการณ์ทำงานในแผนกจัดหาวัตถุดิบไม่ต่ำกว่า 2 ปี โดยถามในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม ในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย ตั้งแต่เริ่มรับข้อมูลการแจ้งความประสงค์จากชาวไร่อ้อยรายย่อยและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย รวมถึงการจัดสรร การวางแผนตาราง การขนส่ง รวมถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ผู้วิจัยได้เก็บและรวบรวมข้อมูลจากแนวคิดและทฤษฎี รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยร่วมกับข้อมูลเอกสารบันทึกการจัดสรรรถตัดอ้อยประจำวันของแผนกจัดหาวัตถุดิบระหว่างปี 2559 ถึง 2563

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) ที่ได้จากการสังเกตแบบมีส่วนร่วมร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหลเพื่อศึกษารายละเอียดการไหลของกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยและค้นหาความสูญเปล่าด้วยการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมตั้งแต่ กิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่ม (NVA) โดยพิจารณาจากกิจกรรมที่ทำแล้วไม่ก่อให้เกิดคุณค่าในการปฏิบัติงาน สามารถที่จะกำจัดออกไปได้ รวมถึงกิจกรรมที่จำเป็นต้องมีแต่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่ม (NNVA) โดยพิจารณาจากกิจกรรมที่ทำแล้วไม่ได้เพิ่มคุณค่าในการปฏิบัติงาน แต่จำเป็น ต้องทำ และกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (VA) โดยพิจารณาจากกิจกรรมที่ทำแล้วก่อให้เกิดมูลค่าหรือเพิ่มคุณค่าในการปฏิบัติงานในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังวิเคราะห์ข้อมูลจากการสนทนากลุ่มด้วย Why-Why Analysis และ How-How Analysis ร่วมกับเทคนิคตั้งคำถาม 5W1H เพื่อศึกษาสาเหตุและเสนอแนวทางในการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อมูลสารสนเทศในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีแม่นตรงและทดสอบผลผ่านโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0 โดยพิจารณาเงื่อนไขทั้งหมดที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ จำนวนไร่อ้อยและทำเลที่ตั้ง รวมทั้งช่วงเวลาที่สามารถรับบริการได้ของชาวไร่อ้อยรายย่อย จำนวนและขนาดของรถบรรทุก ทำเลที่ตั้ง และช่วงเวลาที่สามารถให้บริการได้ของผู้ประกอบการรถตัดอ้อย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าจ้างพนักงานขับรถตัดอ้อย เพื่อให้ได้ค่าผลเฉลยจากฟังก์ชันเป้าหมายที่เหมาะสมที่สุด โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณตามภาพที่ 1 ดังนี้

(1) กำหนดลักษณะปัญหา โดยวิเคราะห์ลักษณะกระบวนการในปัจจุบัน (AS-IS analysis) เพื่อกำหนดขอบข่ายของปัญหาที่จะพิจารณาในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย

(2) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย รวมทั้งค่าขนส่งต่ำที่สุด โดยพิจารณาอุปสงค์และอุปทานด้านปริมาณของชาวไร่อ้อยรายย่อยและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย

(3) เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลป้อนเข้า (Input) โปรแกรม ตั้งแต่ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (หน่วย: บาท) ค่าจ้างพนักงานขับรถบรรทุกอ้อย (หน่วย: บาท) รวมถึงความต้องการรับบริการขนส่งของชาวไร่อ้อยรายย่อย (หน่วย: ตัน) และความสามารถของการให้บริการขนส่งอ้อยของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย (หน่วย: ตัน)

(4) เขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยแปลงรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเป็นรูปแบบภาษาของโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0

(5) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจำลองปัญหาขนาดเล็ก เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าคำตอบที่ได้เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

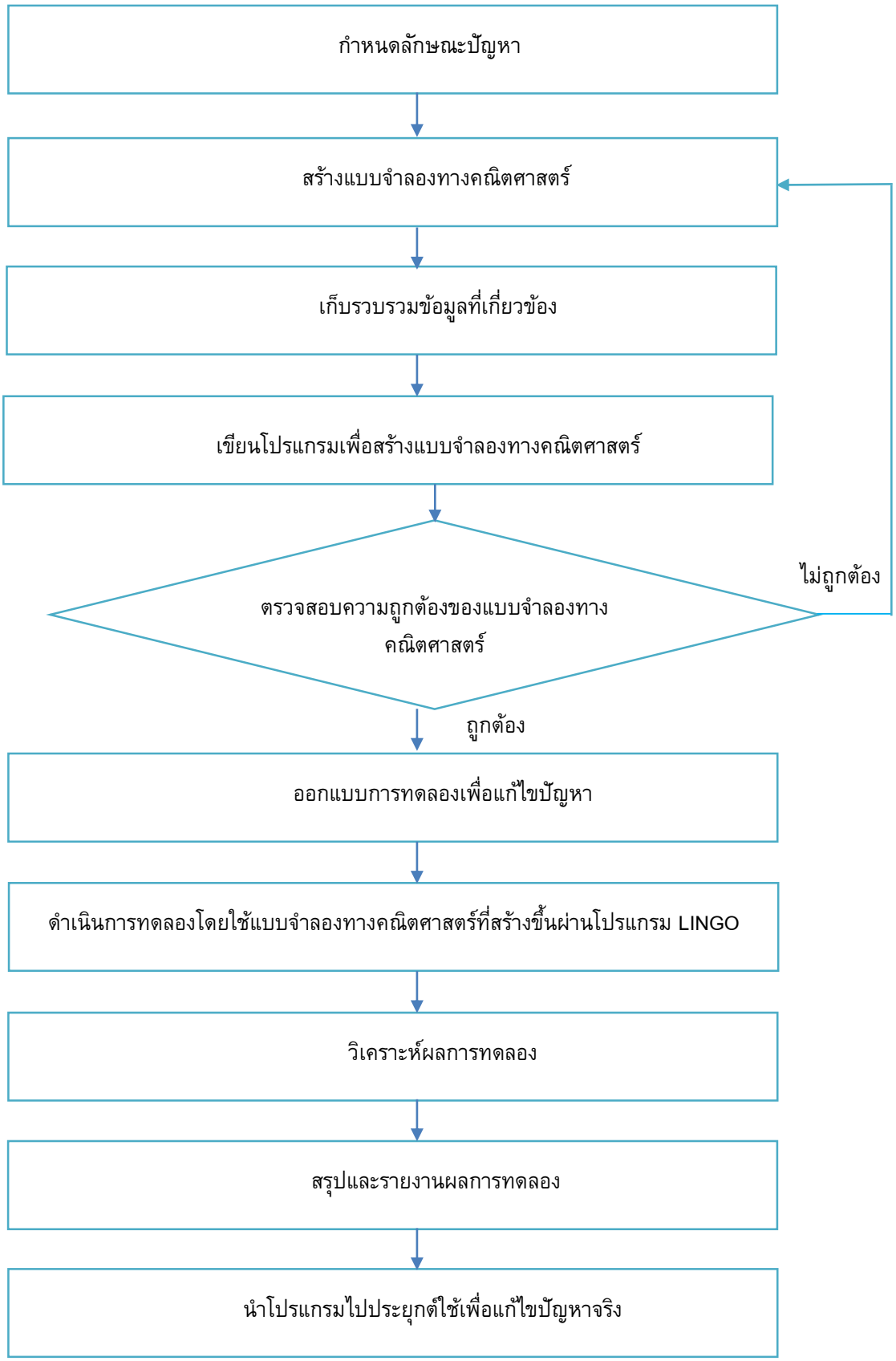
(6) ออกแบบการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยการกำหนดขนาดการทดลองของปัญหาและกำหนดข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ เพื่อทดลองแก้ไขปัญหาในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย

(7) ดำเนินการทดลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นผ่านโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0

(8) วิเคราะห์ผลการทดลอง ทั้งการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดและระยะเวลาในการค้นหาคำตอบ

(9) สรุปและรายงานผลการทดลองทั้งหมด

(10) นำโปรแกรมไปใประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาจริง



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากภาพที่ 1 ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จะมีการกำหนดสมมุติฐานที่ใช้ ดัชนี ตัวแปรที่ทราบค่า ตัวแปรตัดสินใจ สมการเป้าหมาย และสมการข้อจำกัด โดยมีรายละเอียดดังนี้

กำหนดสมมุติฐานที่ใช้ (Assumptions)

ผู้วิจัยได้กำหนดสมมุติฐานที่ใช้ ดังนี้

(1) ในการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยใด หมายถึง การจัดสรรผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยเพื่อดำเนินการขนส่งอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย

(2) เมื่อดำเนินการบรรทุกอ้อยเสร็จ รถบรรทุกจะกลับไปยังตำแหน่งที่ตั้งของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย

(3) เวลาในการดำเนินงาน คือ เวลาในการขนส่งอ้อย

(4) รถบรรทุกอ้อยสามารถดำเนินงานได้เต็มประสิทธิภาพและไม่คำนึงถึงปัญหาระหว่างการเดินทาง เช่น รถเสียระหว่างการเดินทาง พนักงานขับรถเมื่อยล้า ความยากง่ายของการขนส่งอ้อยของรถบรรทุก และสภาพของแปลงอ้อยที่แตกต่างกัน

(5) ช่วงเวลาในการขนส่งอ้อย จำกัดการดำเนินการขนส่งอ้อยเท่ากับ 100 วัน

กำหนดดัชนี (Indices)

ผู้วิจัยได้กำหนดดัชนี ดังนี้

i แทน ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย รายที่ i เมื่อ $i \in \{1, 2, 3, \ldots, M\}$

j แทน ชาวไร่อ้อยรายย่อย รายที่ j เมื่อ $j \in \{1, 2, 3, \ldots, N\}$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameters)

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ทราบค่า ดังนี้

M แทน จำนวนผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย

N แทน จำนวนชาวไร่อ้อยรายย่อย

fc_{ij} แทน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเดินทางจากที่ตั้งของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย i ไปยังแปลงอ้อยของชาวไร่อ้อยรายย่อย j

dc_{ij} แทน ค่าพนักงานขับรถบรรทุกอ้อยของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ i เพื่อให้บริการชาวไร่อ้อยรายย่อยรายที่ j

d_{ij} แทน ความต้องการรับบริการจากผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ i ของชาวไร่อ้อยรายย่อยรายที่ j

s_i แทน ความสามารถในการให้บริการของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ i

t_{ij} แทน เวลาที่ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ i ให้บริการชาวไร่อ้อยรายย่อยรายที่ j

t^p_i แทน ช่วงเวลาที่ผู้ประกอบการรายที่ i สามารถให้บริการชาวไร่อ้อยรายย่อยได้

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรตัดสินใจ ดังนี้

$$X_{ij} \begin{cases} = 1 \text{ ถ้า มีการจัดสรรผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ } i \text{ ให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยรายที่ } j \\ = 0 \text{ ถ้า ไม่มีการจัดสรรผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ } i \text{ ให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยที่ } j \end{cases}$$

กำหนดสมการเป้าหมาย (Objective Function)

ผู้วิจัยได้กำหนดสมการเป้าหมาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด คำนวณจากต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าแรงงานของคนขับรถบรรทุกอ้อย

โดยมี**สมการวัตถุประสงค์** (1) ดังนี้

$Min\ Z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} X_{ij}(cf_{ij} + dc_{ij})$	(1)

ขณะที่**สมการข้อจำกัด (Constrain)** ได้กำหนดดังนี้

$\sum_{j=1}^{n} X_{ij}\, d_{ij} \leq s_i$	$\forall_i$	(2)
$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = 1$	$\forall_j$	(3)
$\sum_{j=1}^{n} X_{ij}\, t_{ij} \leq t^p{}_i$	$\forall_{\boldsymbol{i}}$	(4)
$t_{ij} \geq 0$	$\forall_{i,j}$	(5)
$t^p{}_i \geq 0$	$\forall_i$	(6)
$X_{ij} \in \{0,1\}$	$\forall_{i,j}$	(7)

สมการข้อจำกัด (2) หมายถึง ผลรวมความต้องการในการรับบริการของชาวไร่อ้อยรายย่อยจะไม่เกินความสามารถในการให้บริการของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยแต่ละราย

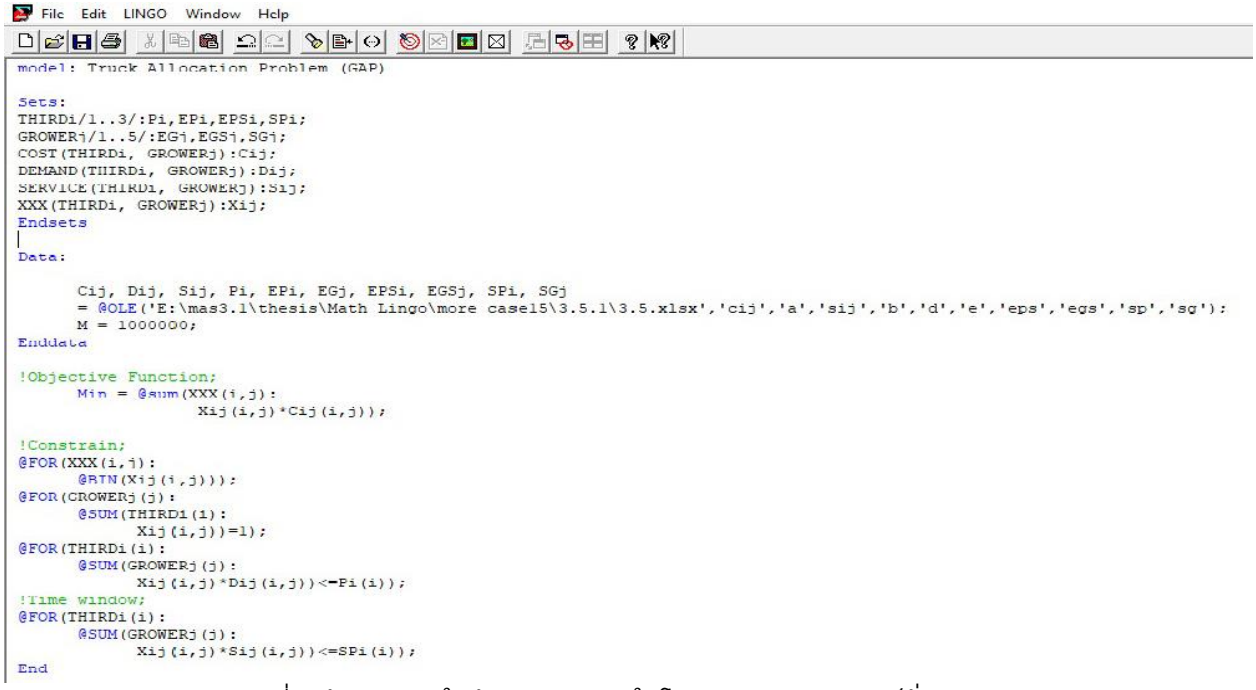
สมการข้อจำกัด (3) หมายถึง ชาวไร่อ้อยรายย่อยจะต้องได้รับบริการทุกราย

สมการข้อจำกัด (4) หมายถึง เวลาที่ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ *i* ให้บริการชาวไร่อ้อยรายย่อยรายที่ *j* จะต้องไม่เกินช่วงเวลาที่ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยสามารถให้บริการได้

สมการข้อจำกัด (5) – (6) หมายถึง พารามิเตอร์ (Parameters) ของเวลาจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

สมการข้อจำกัด (7) หมายถึง ตัวแปรตัดสินใจประเภทตัวแปรไบนารี (Binary Variable) ต้องเป็นสมาชิกของ 0 หรือ 1 เท่านั้น

โดยจะมีการใส่ค่าตัวแปรต่างๆ ลงในโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใส่ตัวแปรต่างๆ ลงในโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0

4. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ ได้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาและผลการวิจัยมีดังนี้

4.1 ผลการศึกษาความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย

ผลจากการสังเกตแบบมีส่วนร่วมร่วมกับการศึกษาเวลาและการสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่า เมื่อวิเคราะห์กระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยตามตามตารางที่ 2 พบว่าประกอบด้วยกิจกรรมหลักทั้งหมด 5 กิจกรรม ได้แก่ (1) แจ้งความประสงค์ในการขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก (2) สมัครเข้าดำเนินการขนส่งอ้อย (3) รอรวบรวมและพิมพ์ข้อมูล (4) ดำเนินการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย และ (5) ส่งข้อมูลตารางรถบรรทุกอ้อยที่จัดสรร โดยมีรายละเอียดดังนี้

กิจกรรมที่ 1 แจ้งความประสงค์ในการขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก โดยชาวไร่อ้อยรายย่อยแจ้งความต้องการในการขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก รวมถึงความต้องการและเงื่อนไขต่างๆ พร้อมบันทึกข้อมูลโดยเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาล

กิจกรรมที่ 2 สมัครเข้าดำเนินการขนส่งอ้อย โดยผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยสมัครเข้าดำเนินการขนส่งอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย พร้อมแจ้งกำลังการขนส่งและเงื่อนไขต่างๆ พร้อมบันทึกข้อมูลโดยเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาล

กิจกรรมที่ 3 รวบรวมและพิมพ์ข้อมูล โดยเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาลรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากชาวไร่อ้อยรายย่อยและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย และพิมพ์ข้อมูลออกมาจากเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์

กิจกรรมที่ 4 รอดำเนินการและจัดสรรรถบรรทุกอ้อย โดยพนักงานแผนกจัดหาวัตถุดิบดำเนินการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย

กิจกรรมที่ 5 ส่งข้อมูลตารางรถบรรทุกอ้อยที่จัดสรร พนักงานแผนกจัดหาวัตถุดิบส่งข้อมูลตารางรถบรรทุกอ้อยที่จัดสรรแล้วให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย

อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย พบว่ากิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (VA) ประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมแจ้งความประสงค์ในการขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก กิจกรรมสมัครเข้าดำเนินการ

ขนส่งอ้อย และกิจกรรมรวบรวมและพิมพ์ข้อมูล หรือคิดเป็นร้อยละ 31.98 ขณะที่ กิจกรรมที่จำเป็นต้องมีแต่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่ม (NNVA) พบว่าประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมรอดำเนินการและกิจกรรมส่งข้อมูลตารางรถบรรทุกอ้อยที่จัดสรรหรือคิดเป็นร้อยละ 68.02 ดังตารางที่ 2

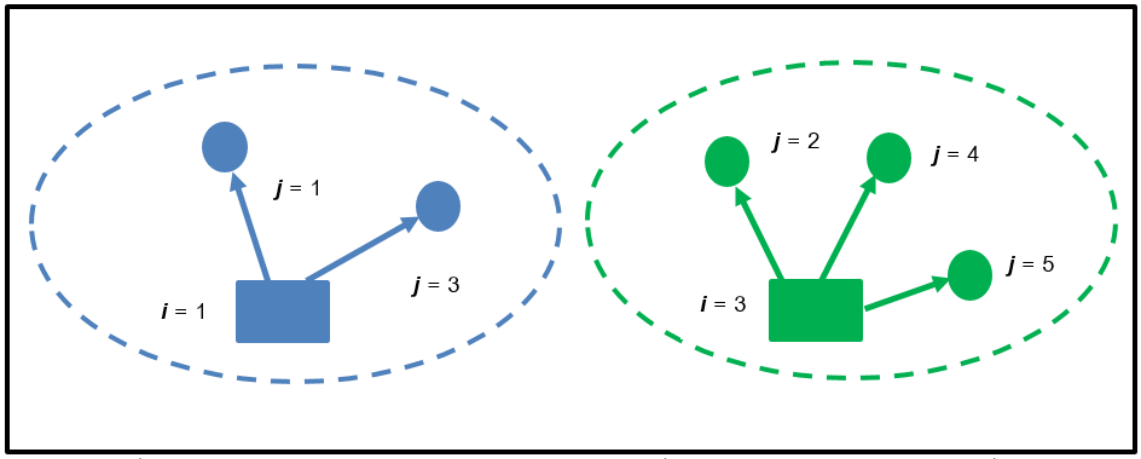
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย

ลำดับ	กิจกรรมในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย	คุณค่ากิจกรรม	ระยะเวลาเฉลี่ย (ชั่วโมง)	แผนภูมิกระบวนการไหล
1	แจ้งความประสงค์ในการขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก	VA	1.19	
2	สมัครเข้าดำเนินการขนส่งอ้อย	VA	0.53	
3	รวบรวมและพิมพ์ข้อมูล	VA	0.65	
4	รอดำเนินการและจัดสรรรถบรรทุกอ้อย	NNVA	3.49	
5	ส่งข้อมูลตารางรถบรรทุกอ้อยที่จัดสรร	NNVA	1.54	

4.2 ผลการศึกษาการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

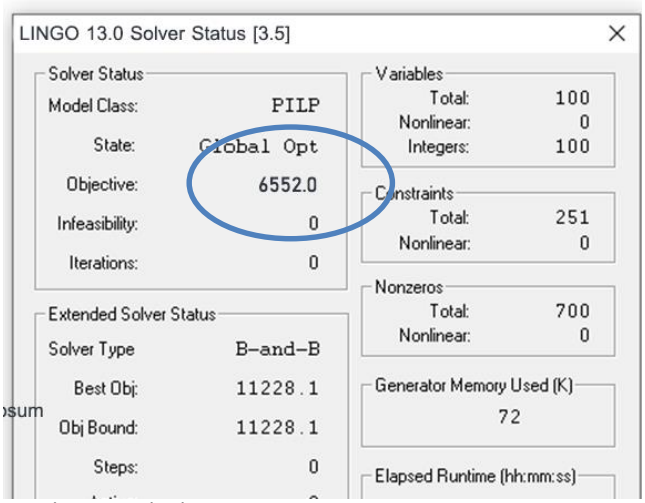
ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น เมื่อวิเคราะห์ความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย พบว่ากิจกรรมรอดำเนินการและจัดสรรรถบรรทุกอ้อยและกิจกรรมส่งข้อมูลตารางรถบรรทุกอ้อยที่จัดสรร เป็นกิจกรรมที่จำเป็นต้องมีแต่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่ม (NNVA) ซึ่งเป็นความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้า โดยทั้ง 2 กิจกรรมนี้ใช้ระยะเวลาถึง 3.49 และ 1.54 ชั่วโมง ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงได้นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุพบว่า ในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยไม่สามารถหาคำตอบที่รวดเร็วและเหมาะสมในการจัดสรรตารางงานได้ คำตอบที่ได้เป็นเพียงการประมาณการเท่านั้น รวมถึงการไม่มีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยจึงเกิดความล่าช้า ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยมีผลการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ให้กับสมการข้อจำกัดข้างต้น พบว่าเมื่อทำการทดลองในปัญหาขนาดเล็กจะสามารถดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของปัญหาง่ายกว่าปัญหาขนาดใหญ่ เนื่องจากปัญหาขนาดเล็กมีความซับซ้อนของปัญหาน้อยกว่าปัญหาขนาดใหญ่ นอกจากนี้ เมื่อได้กำหนดข้อมูลนำเข้า (Input data)เพื่อมาทดสอบด้วยโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0 ตั้งแต่กำหนดตัวแทนชาวไร่อ้อยรายย่อยจำนวน 5 ราย และตัวแทนผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยจำนวน 3 ราย จะได้ค่าของตัวแปรตัดสินใจ X_{ij} ที่แสดงถึงการจัดสรรผู้ประกอบการ รถบรรทุกอ้อยที่ i ให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยรายที่ j โดยผลแสดงให้เห็นว่า ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ 1 จะเป็นผู้ทำการบรรทุกอ้อยให้กับชาวไร่อ้อยรายย่อย รายที่ 1 และ 3 ขณะที่ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ 3 จะเป็นผู้ทำการบรรทุกอ้อยให้กับชาวไร่อ้อยรายย่อย รายที่ 2,4 และ 5 อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อยรายที่ 2 จะไม่ถูกว่าจ้าง เนื่องจากเงื่อนไขไม่ตรงกับความต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยที่ได้จากโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0

นอกจากนี้ เมื่อศึกษาการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าเมื่อนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย ส่งผลให้สามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้า ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าในกิจกรรมที่ 3 คือ กิจกรรมรอดำเนินการและจัดสรรรถบรรทุกอ้อย ลงได้จาก 3.49 ชั่วโมง เหลือเพียง 5 วินาที หรือ 0.0013 ชั่วโมง เท่านั้น ส่งผลให้เวลารวมทั้งกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย ลดลงจาก 7.40 ชั่วโมง เหลือเพียง 3.91 ชั่วโมงเท่านั้น หรือลดลงร้อยละ 47.16 และจากสมการเป้าหมายที่ต้องการให้ได้ค่าคำตอบที่มีต้นทุนต่ำที่สุดโดยการนำมาทดสอบโดยโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0 ยังส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งที่ไม่จำเป็นจาก 7,811.94 บาท เหลือเพียง 6,552.00 บาท หรือลดลงร้อยละ 16.13 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าคำตอบที่มีต้นทุนต่ำที่สุดโดยการนำมาทดสอบโดยโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย ที่ใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยมากกว่า 7 ชั่วโมงต่อชาวไร่อ้อยรายย่อย 5 รายและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย 3 ราย ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของความต้องการของชาวไร่อ้อยรายย่อย และความสามารถในการให้บริการของผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย เพื่อเสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว ลดลงจาก 7.40 ชั่วโมง เหลือเพียง 3.91 ชั่วโมงเท่านั้น หรือลดลงร้อยละ 47.16 และ ยังส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งที่ไม่จำเป็นจาก 7,811.94 บาท เหลือเพียง 6,552.00 บาท หรือลดลงร้อยละ 16.13 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คำตอบและระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขนาดของปัญหา		**รูปแบบปัจจุบันก่อนปรับปรุง**		**รูปแบบหลังการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์**		**ร้อยละของการพัฒนา**	
จำนวนผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย (ราย)	จำนวนชาวไร่อ้อยรายย่อย (ราย)	ระยะเวลาในการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย (ชั่วโมง)	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)	ระยะเวลาในการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย (ชั่วโมง)	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)	ระยะเวลาในการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย (ชั่วโมง)	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)
3	5	7.40	7,811.94	3.91	6,552.00	47.16	16.13

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 ผลการศึกษาความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย

เมื่อวิเคราะห์ความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย โดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหลในการวิเคราะห์กิจกรรมในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อย พบว่าสอดคล้องกับการวิจัยของ Phanprasat and Ruangchoengchum (2019) และ Dinis-Carvalho et al. (2019) ที่ได้วิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการ โดยการนำแผนภูมิกระบวนการไหลมาวิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดความสูญเปล่า ส่งผลให้สามารถลดมาลดความล่าช้าหรือลดเวลาในกิจกรรมได้

5.2.2 ผลจากการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผลจากการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าสามารถลดระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนการขนส่งอ้อยที่ไม่จำเป็น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อโรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่นและผู้ประกอบการรถบรรทุกอ้อย สอดคล้องกับการวิจัยของ Ramos et al. (2016), Doriguel et al. (2017) และ Santoro et al. (2017) ที่ได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวางแผนจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยที่เหมาะสมที่สุด ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนที่ต่ำที่สุดได้ต่อไป

5.2.3 ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดผ่านโปรแกรม LINGO เวอร์ชั่น 13.0 พบว่า สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยให้ชาวไร่อ้อยรายย่อย ซึ่งสามารถเพิ่มความรวดเร็ว ส่งผลต่อการลดต้นทุนการขนส่งอ้อย สอดคล้องกับการวิจัยของ Marinagi et al. (2014) ที่ประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ขณะที่สอดคล้องกับการวิจัยของ นริศรา ตนันท์ยุทธวงศ์ (2560) ที่ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถช่วยให้กระบวนการดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

นอกจากการจะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นผลจากการวิจัยนี้แล้ว คณะผู้วิจัยเสนอให้องค์กรจัดสร้างระบบสารสนเทศซึ่งมีส่วนต่อประสาน (Graphical User Interface: GUIs) ที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบสารสนเทศโดยไม่ต้องเขียนคำสั่งทีละบรรทัดเพื่อให้ระบบสารสนเทศประมวลผลข้อมูลตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ โดยผู้ใช้เพียงแต่ปฏิบัติตามคำสั่งสำเร็จรูปที่ทางผู้พัฒนาระบบงานกำหนดเท่านั้น ทำให้พนักงานระดับปฏิบัติการในโรงงานน้ำตาล หรือบุคคลอื่นๆ สามารถเข้าถึงและใช้งานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น

5.3.2 วิจัยต่อเนื่อง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดจากล่าช้าในกระบวนการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยเท่านั้น ดังนั้นหากต้องการลดต้นทุนการขนส่งด้านอื่นๆ ที่ไม่จำเป็น ผู้สนใจควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลำดับหรือการจัดเส้นทางของรถบรรทุกอ้อยซึ่งจะช่วยให้บริษัทเห็นภาพของต้นทุนของกิจการได้

บรรณานุกรม

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, กระทรวงพาณิชย์. (2563). ข้อมูลสินค้าเกษตรประเภทอ้อยและน้ำตาลทราย. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2563, จาก https://api.dtn.go.th/files/v3/5e86e892ef414065bb3c7b08/download.

นริศรา ตนันท์ยุทธวงศ์. (2560). แผนกลยุทธ์ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศกรณีศึกษา บริษัท จิวเวลรี่แอนด์เซอร์วิส จำกัด. *วารสารระบบสารสนเทศด้านธุรกิจ (JISB)*, 3 (2), 14-27

แผนกจัดหาวัตถุดิบ โรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่น. (2563). *เอกสารบันทึกการจัดสรรรถตัดอ้อยประจำวันของแผนกจัดหาวัตถุดิบประจำปี 2562-2563.* ข้อมูล ณ 1 มกราคม 2563. ขอนแก่น: โรงงานน้ำตาลโชคดี.

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2563). การส่งออกสินค้าสำคัญของไทยเรียงตามมูลค่า ปี 2559 - 2563 (มกราคม - มิถุนายน). สืบค้นเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2563, จาก http://www.ops3.moc.go.th/export/recode_export_rank/.

สุชาดา กีระนันท์. (2541). *เทคโนโลยีสารสนเทศทางสถิติ:ข้อมูลในระบบสารสนเทศ.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Bertsimas, D., Delarue, A. and Martin, S. (2019). Optimizing schools' start time and bus routes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, 116(13), 5943-5948.

Carter, R. (1996). *Information Technology*. UK: Made Simple.

Dinis-Carvalho, J., Guimaraes, L., Sousa, R.M. and Leao, C.P. (2019). Waste identification diagram and value stream mapping: A comparative analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(3), 767-783.

Doriguel, F., Crusciol, C. A. C. and de Oliveira Florentino, H. (2017). Mathematical Optimization Models in the Sugarcane Harvesting Process. In A. Bosco de Oliveira (Ed.), *Sugarcane-Technology and Research*, (pp. 207-222). London: IntechOpen.

Gerbier, E. A. A., Gonzalez-Araya, M. C. and Moraga, M. M. R. (2017). Supporting Harvest Planning Decisions in the Tomato Industry. *Proceedings of the ICORES*, Portugal, 353-359.

Hara, T., Sasabe, M., Matsuda, T. and Kasahara, S. (2020). Capacitated Refuge Assignment for Speedy and Reliable Evacuation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *9*(7), 442.

Heizer, J. and Render, B. (2014). *Operations Management: Sustainability and Supply and Supply Chain Management*. 11th ed. New York: Pearson

Herrera-Cáceres, C., Pérez-Galarce, F., Álvarez-Miranda, E. and Candia-Véjar, A. (2017). Optimization of the harvest planning in the olive oil production: A case study in Chile. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 147-159.

Marinagi, C., Trivellas, P. and Sakas, D. P. (2014). The impact of information technology on the development of supply chain competitive advantage. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 147, 586-591.

Monden, Y. and Kurokawa, Y. (2010). *M&A for Value Creation in Japan*. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd.

O'brien, J. A. and Marakas, G. M. (2005). *Introduction to information systems (Vol. 13).* New York City, USA: McGraw-Hill/Irwin.

Phanprasat, D. and Ruangchoengchum, P. (2019). Labor Productivity Improvement by Reducing Waste in Carwash Process: A Case Study of Carwash Business in Kalasin Province. *Journal of Management Sciences*, 113-139.

Ramos, R., Isler, P., de Oliveira Florentino, H., Jones, D. and Nervis, J. (2016). An optimization model for the combined planning and harvesting of sugarcane with maturity considerations. *African Journal of Agricultural Research*, 11(40), 3950-3958.

Santoro, E., Soler, E. M. and Cherri, A. C. (2017). Route optimization in mechanized sugarcane harvesting. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 140-146.