



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “แบบจำลองแกวค้อยสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ”

โดย ดร.จุมพล วรสายัณห์ และคณะ

กรกฎาคม 2561

สัญญาเลขที่ RDG60T1041

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ แบบจำลองแถวคอยสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. ดร. จุมพล วรสายัณห์ | คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. ดร. ไอลดา ตีร์ตันตระกูล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย ปทุมนากุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

งานวิจัยนี้มุ่งสร้างโปรแกรมจำลองการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานด้วยรถบรรทุก ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยตัดสินใจเลือกวิธีการส่งอ้อยในสถานการณ์ต่างๆ โดยแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 1) แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกจากการทำเหมืองข้อมูลจากฐานข้อมูลรถเข้าและออกลานใน 2) แบบจำลองแถวคอยสำหรับการเทอ้อยในโรงงานโดยโปรแกรมอาร์โน ซึ่งใช้คำนวณปริมาณรถเฉลี่ย และเวลาในการรอเฉลี่ยในลานใน 3) แบบจำลองวางแผนจัดลำดับการตัดอ้อยโดยคำนึงถึงพิกัด และผลตอบแทนในแต่ละช่วงเวลา 4) แบบจำลองเพื่อคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำในการขนส่ง 5) แบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งอ้อยโดยใช้รถหัวลาก 2 ชุด เทียบกับขนส่งโดยรถพ่วง 1 ชุด 6) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนของระบบรถหัวลาก 2 ชุด และระบบการขนส่งด้วยรถบรรทุก 1 ชุด

แบบจำลองแถวคอยสำหรับการพยากรณ์เวลาในการรอนั้น พบว่าการใช้วิธีการทำเหมืองข้อมูลให้ผลการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องมากกว่าโปรแกรมอาร์โน เพราะมีปัจจัยสำคัญหลายอย่างที่มีผลต่อเวลาในการรอของรถบรรทุกที่ไม่ได้รวมอยู่ในโปรแกรมอาร์โน ความถูกต้องของการพยากรณ์ขึ้นกับชนิดของรถโดยชนิดของรถที่แบบจำลองสามารถพยากรณ์เวลาในการรอได้ถูกต้องมากที่สุดคือรถบรรทุกอ้อยจากรถตัดซึ่งได้รับสิทธิเข้าเทที่ดัมพ์ที่กำหนดไว้ โดยไม่ต้องจอดรอที่ลานนอก ในส่วนของแบบจำลองวางแผนการจัดลำดับการตัดอ้อยสามารถทำผลกำไรได้มากกว่าการจัดลำดับแบบสุ่มหรือเรียงตามพิกัดเพียงอย่างเดียว แต่ยังขาดข้อมูลด้านความหวาน น้ำหนักอ้อย เวลาในการปลูก รื้อแปลง ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่อ้อย และพื้นที่เพาะปลูก นอกจากนี้ยังต้องเข้าใจเหตุผลการวิธีการจัดลำดับแต่เดิมของเกษตรกร จึงจะนำไปใช้ในการวางแผนการตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับรถหัวลาก 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ขนอ้อยจากแปลงหรือลานรับอ้อย ชุดที่ 2 ใช้ขนอ้อยเข้าเท ระบบนี้มีข้อดีคือทำให้การขนส่งสองส่วนเป็นอิสระจากกัน เมื่อชุดใดชุดหนึ่งหยุดทำงานจากสาเหตุเช่นลูกหีบเสีย หรือขาดอ้อย อีกชุดหนึ่งก็ยังทำงานต่อไปได้ถ้ามีเทรลเลอร์เปล่าที่บรรทุกอ้อยจอดรอที่ลานจอด อย่างไรก็ตามระบบหัวลาก 2 ชุด จะต้องเสียเวลาในการเปลี่ยนเทรลเลอร์ และจอดที่ลานจอด จึงทำให้ประสิทธิภาพการขนส่งในภาวะปกติต่ำกว่าแบบขนตรง นอกจากนั้นจำนวนหัวลากเทรลเลอร์ทั้ง 2 ชุดยังต้องจัดสรรให้เหมาะสมเพื่อให้อัตราการขนส่งทั้งสองส่วนมีความสมดุลกัน ในส่วนของต้นทุนถ้าระบบการขนส่งไม่มีปัญหาระบบขนตรงจะมีต้นทุนการขนส่งต่อตันอ้อยน้อยกว่าระบบหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ในทางตรงกันข้ามถ้ามีความแปรปรวนของเวลาในกิจกรรมการขนส่งสูง เช่นเครื่องจักรหรือรถเสียบ่อย หรืออ้อยมาไม่สม่ำเสมอระบบหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดอาจมีต้นทุนที่น้อยกว่า นอกจากนั้นปัจจัยอื่นๆ เช่น เวลาในการชั่ง เวลาในการยกรถ และการเลือกรถที่มีประสิทธิภาพต่ำในการลากเทรลเลอร์เข้าเท ก็มีผลต่อการลด

ต้นทุนของการใช้ระบบหัวลาก 2 ชุดอีกด้วย ต้นทุนที่คำนวณได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับตารางค่าขนส่งเดิมเพื่อทำการปรับแก้ให้เหมาะสมต่อไป

คณะผู้วิจัยยังได้แสดงสถิติเชิงพรรณนา ในรูปของแผนภาพให้แก่ผู้บริหารโรงงานเพื่อชี้ให้เห็นถึงความแปรปรวนของจำนวนรถในแต่ละช่วงเวลา เพื่อในการจัดตารางเข้าเทอ้อยของรถมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เวลารอโดยรวมลดลง แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาร่วมกับอุปกรณ์บอกตำแหน่ง (GPS) และ แอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อใช้ในการจัดตารางการขนส่งอ้อยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากหน่วยงานและบุคคลหลายฝ่าย ประกอบไปด้วย สำนักงานประสานงานชุดโครงการวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาล สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ภาคส่วนของโรงงานน้ำตาลในกรณีศึกษาภายในภาคตะวันตกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตลอดจนชาวไร่อ้อยที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการโครงการในครั้งนี้ และที่สำคัญขอขอบคุณ ดร.กิตติ ชุมหวงศ์ นายกสมาคมนักวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งประเทศไทย

คณะผู้วิจัย

ชื่อโครงการวิจัย: แบบจำลองแถวคอยสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัย: ดร.จุมพล วรสายันต์
ดร. ไอลดา ตริรัตน์ตระกูล
ศจ.ดร. ศุภชัย ปทุมนากุล

เลขที่สัญญา: RDG 60T1041

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งสร้างโปรแกรมจำลองคณิตศาสตร์และทางคอมพิวเตอร์สำหรับระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยในประเทศไทย โดยแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 1) แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกจากการทำเหมืองข้อมูลจากฐานข้อมูลรถเข้าและออกลานใน 2) แบบจำลองแถวคอยสำหรับการเทอ้อยในโรงงานโดยโปรแกรมอาร์โน ซึ่งใช้คำนวณปริมาณรถเฉลี่ย และเวลาในการรอเฉลี่ยในลานใน 3) แบบจำลองวางแผนจัดลำดับการตัดอ้อยที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงพิกัด และผลตอบแทนในแต่ละช่วงเวลา 4) แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำในการขนส่ง 5) แบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และต้นทุนการขนส่งการใช้รถหัวลากพ่วง 2 ชุดแทนรถพ่วง 1 ชุด ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองแถวคอยในโรงงานนั้น แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกจากการทำเหมืองข้อมูลจากฐานข้อมูลรถเข้าและออกลานในให้ความถูกต้องมากกว่าโปรแกรมอาร์โน โดยจะมีความเหมาะสมกับรถบรรทุกที่มีสิทธิในการเข้าลานในโดยไม่ต้องจอดที่ลานนอก ในส่วนของแบบจำลองวางแผนการจัดลำดับการตัดอ้อยสามารถทำผลกำไรได้มากกว่าการจัดลำดับแบบสุ่มหรือเรียงตามพิกัดเพียงอย่างเดียว แต่ยังคงขาดข้อมูลเชิงลึกในด้านคุณภาพและปริมาณอ้อยในช่วงเวลาต่างๆ รวมถึงการเพาะปลูกเตรียมแปลงเพื่อประกอบการคำนวณหาผลตอบแทนในแต่ละช่วงเวลาให้มีความถูกต้อง ระบบหัวลาก 2 ชุด (ชุดแรกคือชุดเทอ้อย ชุดที่สองคือชุดขนส่ง) มีข้อดีคือถ้าชุดใดชุดหนึ่งต้องหยุดทำงานความขัดข้องในระบบ อีกชุดหนึ่งจะยังทำงานได้ถ้ายังมีทรลเลอร์และอ้อยเพียงพอ อย่างไรก็ตามการขนส่งด้วยหัวลาก 2 ชุดจะเสียเวลาในการจอด และถอดเปลี่ยนทรลเลอร์ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพลดลง และจะเหมาะสมกว่าระบบการขนส่งด้วยรถพ่วงในกรณีที่ความไม่แน่นอนของเวลาในระบบสูง

Reserch title: Queueing model for an efficient planning of sugarcane transportation

Reserchers: Jumpol Vorasayan, Ph.D.

Ailada Treerattrakoon, Ph.D.

Prof. Supachai Pathumnakul, Ph.D.

Contract Number: RDG 60T1041

Abstract

This research develops mathematical and computer simulation models for inbound logistics of sugarcane industry in Thailand. Developed models consist of 1) A model to optimize harvesting sequence by considering return on harvesting and field location 2) A simulation model for unloading sugarcane in the mill by Arena software. It estimate average number of trucks and waiting time in the system 3) The waiting time predictive model from data mining trucks in-and-out database 4) The mathematical model to find minimum trucks for transportation 5) Models to compare the efficiency and transportation costs of trucks with trailers and 2 sets of tractors with semi-trailers. The results show that the predictive model from data mining is able to give more accurate waiting time than Arena program. The model is suitable for trucks transporting sugarcane from mechanical harvester which has priority to go in inner waiting area without waiting in the outer parking area. For harvesting sequence model, it can increase return compared to random sequence and sequence by only location. However, there is still lack of in-depth information on quality and quantity of sugarcane at particular harvesting time as well as field preparation for accurately computing return on investment. The benefit of having 2 set of tractors (the 1st set is for unloading, the 2nd transporting set is for transporting), compared with traditional single set, is if one set got struck from accident in the system, the other set can still work as long as there are enough semitrailers and sugarcane. However, parking to attach and detach trailer decreases efficiency of this system. Thus, it is more appropriate than truck with trailer when the system has significant uncertainty.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ (ไทย-อังกฤษ)	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ง
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1-2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะของการวิจัย	1-3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-1
2.1 ความรู้เบื้องต้นในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน	2-1
2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย	2-5
2.3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล	2-7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย	2-18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสถานการณ์ของการขนส่งอ้อย	2-20
2.5 แนวคิดและทฤษฎีของตัวแบบทางคณิตศาสตร์	2-22
2.6 แนวคิดและทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ (Simulation)	2-23
2.7 การวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการขนส่ง	2-27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	3-1
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	3-1
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	3-2
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	4-1
4.1 ผลการศึกษาของการสร้างแบบจำลองของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1	4-1
4.1.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของ โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ปี	
การผลิต 2559/2560 และ ปี 2560/2561	4-1

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2) แบบจำลองพยากรณ์เวลาในการรอจากข้อมูลซึ่งเข้าและซึ่งออก	4-9
4.1.3) แบบจำลองแนวค้อยสำหรับการเทอ้อยในโรงงาน	4-13
4.1.4) แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับการตัดอ้อย	4-20
4.2 ผลการศึกษาของการสร้างแบบจำลองของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2	4-25
4.2.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2558/2559 และ ปี 2560/2561	4-26
4.2.2) แบบจำลองการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล	4-33
4.2.3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขึ้นต่ำ	4-35
4.2.4) การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด	4-36
4.2.5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด	4-54
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	5-1
5.1 ผลการศึกษาของการสร้างแบบจำลองของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1	5-1
5.1.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของ โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ปีการผลิต 2559/2560 และ ปี 2560/2561	5-1
5.1.2) แบบจำลองพยากรณ์เวลาในการรอจากข้อมูลซึ่งเข้าและซึ่งออก	5-1
5.1.3) แบบจำลองแนวค้อยสำหรับการเทอ้อยในโรงงาน	5-2
5.1.4) แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับการตัดอ้อย	5-2
5.2 ผลการศึกษาของการสร้างแบบจำลองของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2	5-2
5.2.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2558/2559 และ ปี 2560/2561	5-2
5.2.2) แบบจำลองการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล	5-3
5.2.3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด	5-3
5.2.4) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขึ้นต่ำ	5-3

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุด	5-4
บรรณานุกรม	บ-1
ภาคผนวก ก บทสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล	ก-1
ภาคผนวก ข บทความสำหรับการเผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป	ข-1
ภาคผนวก ค ผลงานวิจัยโครงการในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	ค-1
ภาคผนวก ง เปรียบเทียบวัตถุดิบประสมและกิจกรรมที่วางไว้	ง-1

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1	2-7
2.2 เวลารอคอยเฉลี่ยในแต่ละดัมพ์ของแต่ละเดือน	2-11
2.3 ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2	2-13
4.1 เปรียบเทียบน้ำหนักอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ช่วงปีการผลิต 2559-2561	4-2
4.2 เวลารอในการขนส่งอ้อยภายในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ช่วงปีการผลิต 2559-2561	4-6
4.3 เวลารอในการขนส่งอ้อยภายในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ช่วงปีการผลิต 2559-2561 จำแนกตามหมายเลขดัมพ์	4-8
4.4 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการพยากรณ์เวลาในการรอจากข้อมูลซึ่งเข้าและซึ่งออก	4-12
4.5 การแจกแจงของเวลาการมาถึงของอ้อยรถตัดและอ้อยคนตัดในแต่ละชั่วโมง	4-15
4.6 การแจกแจงของเวลาในกิจกรรมของรถบรรทุก	4-16
4.7 เวลาเฉลี่ยในกิจกรรมของรถบรรทุก	4-16
4.8 จำนวนรถและเวลาที่ใช้ในระบบ	4-19
4.9 แสดงราคาอ้อยต่อตันที่ระดับ ซี ซี เอส ในปีการผลิต 2559/2560	4-20
4.10 ผลตอบแทนจากแปลง 1 ถึง 10 (หน่วย: ร้อยบาท)	4-22
4.11 เวลาในการตัดอ้อยจากแปลงที่ 1 ถึง 10 (หน่วย: นาที)	4-22
4.12 ต้นทุนการเดินทางระหว่างแปลงอ้อย 1 ถึง 10 (หน่วย: ร้อยบาท)	4-22
4.13 ตารางแสดงผลการหาลำดับการตัดที่เหมาะสม (หน่วย: บาท)	4-23
4.14 จำนวนรถเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2558/2559 จำแนกตามดัมพ์	4-27
4.15 จำนวนรถเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2560/2561 จำแนกตามดัมพ์	4-28
4.16 เวลารอเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2558/2559 จำแนกตามดัมพ์	4-30
4.17 เวลารอเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2560/2561 จำแนกตามดัมพ์	4-31
4.18 เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ปีการผลิต 2558/2559 กับปีการผลิต 2560/2561	4-32
4.19 แผนการแทนค่าเวลาการจำลองการเดินทางของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วง	4-34
4.20 จำนวนรถขนส่งที่เหมาะสมจากแบบจำลองโดยใช้วิธี Brute force search	4-34
4.21 ค่าใช้จ่ายและต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2	4-37

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.22 ดัชนีและเซตในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	4-38
4.23 ระยะเวลาของกิจกรรมของการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของรถพ่วง	4-46
4.24 ระยะเวลาของกิจกรรมของการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของรถกึ่งพ่วง	4-47
4.25 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยรถพ่วง	4-48
4.26 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยรถกึ่งพ่วง	4-49
4.27 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดของสถานีขนถ่ายที่ผู้รับเหมาใช้	4-53
4.28 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดของสถานีขนถ่ายที่ผู้รับเหมาใช้	4-53

สารบัญรูปรภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สัดส่วนประเทศส่งออก (ข้าว) และประเทศนำเข้า (ข้าว) ในตลาดน้ำตาลโลก	2-1
2.2 แนวโน้มราคาน้ำตาลดิบในตลาดโลก (หน่วย: ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม)	2-2
2.3 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยในปีการผลิต 2559/2560	2-7
2.4 เปรียบเทียบจำนวนอ้อยเข้าโรงงานในแต่ละเดือนตามประเภทอ้อยการเก็บเกี่ยวอ้อย	2-8
2.5 การขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก	2-9
2.6 แผนที่ลานจอดรถขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1	2-10
2.7 รถบรรทุกกำลังเข้าแท่นเทอ้อย	2-11
2.8 ผังงานกระบวนการขนส่งอ้อยจากแปลงสู่โรงงานน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1	2-12
2.9 แผนที่ลานจอดรถขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลสุรินทร์	2-1
2.10 ผังงานกระบวนการขนส่งอ้อยจาก (หัวลาก) จากสถานีขนถ่าย (ข้าว) สู่โรงงานน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลสุรินทร์ (ข้าว)	2-16
2.11 ผังงานกระบวนการขนส่งอ้อยจาก (หางลาก) จากสถานีขนถ่าย (ข้าว) สู่โรงงานน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลสุรินทร์ (ข้าว)	2-17
4.1 แสดงความถี่ของน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559/2560	4-4
4.2 แสดงความถี่ของน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2560/2561	4-4
4.3 แสดงช่วงเวลาที่ปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559/2560	4-5
4.4 แสดงช่วงเวลาที่ปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2560/2561	4-5
4.5 แสดงความถี่เวลารอเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559/2560	4-7
4.6 แสดงความถี่เวลารอเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2560/2561	4-8
4.7 แสดงผลความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation)	4-10
4.8 การพยากรณ์เวลาในการรอด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR)	4-11

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 การพยากรณ์เวลาในการรอดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ANN)	4-12
4.10 เปรียบเทียบปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานต่อช่วงเวลา 30 นาที	4-14
4.11 แบบจำลองสถานการณ์ในกรณีของ First Come First Serve	4-17
4.12 แบบจำลองสถานการณ์ แบบกำหนดช่องเทอ้อย	4-17
4.13 แบบจำลองสถานการณ์ แบบอ้อยสดมีสิทธิเทก่อนอ้อยไฟไหม้	4-18
4.14 เปรียบเทียบเวลาในระบบจากแบบจำลองและข้อมูลจริง	4-20
4.15 หน้าต่างกำหนดใน Solver เพื่อคำนวณลำดับการตัดที่เหมาะสมที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด	4-24
4.15 เปรียบเทียบการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดและการขนส่งด้วยหัวลาน 2 ชุด	4-33
4.16 การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีและการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ตามแนวคิดการจัดการสินค้าคงคลัง	4-55
4.17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบการขนส่งอ้อยแบบขนด้วยชุดหัวลาก	4-57
4.18 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด ตั้งแต่เริ่มเดินรถถึงนาที่ที่ 20 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึงนาที่ที่ 54	4-58
4.19 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 20 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึงนาที่ที่ 54	4-59
4.20 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 42 ถึง นาที่ที่ 60 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54	4-59
4.21 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 62 ถึง นาที่ที่ 80 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54	4-60
4.22 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 82 ถึง นาที่ที่ 100 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54	4-60
4.23 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 102 ถึง นาที่ที่ 120 นาที่ ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54	4-61
4.24 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 122 ถึง นาที่ที่ 140 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54	4-61
4.25 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 142 ถึง นาที่ที่ 160 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54	4-62

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.26 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดตั้งแต่เวลาที่ 162 ถึง เวลาที่ 180 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-62
4.27 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 182 ถึง เวลาที่ 200 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-63
4.28 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 202 ถึง เวลาที่ 220 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-63
4.29 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 222 ถึง เวลาที่ 240 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-64
4.30 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 242 ถึง เวลาที่ 260 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-64
4.31 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 262 ถึง เวลาที่ 280 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-65
4.32 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 282 ถึง เวลาที่ 300 ในกรณีที่ระบบเสียในเวลาที่ 22 ถึง เวลาที่ 54	4-65
4.33 แนวโน้มความสัมพันธ์ของระบบการขนส่งแบบขนด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด เมื่อเกิดสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน	4-66
4.34 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดตั้งแต่เวลาที่เริ่มต้น ถึง เวลาที่ 20 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-67
4.35 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 22 ถึงเวลาที่ 40 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-67
4.36 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 42 ถึงเวลาที่ 60 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-68
4.37 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 62 ถึงเวลาที่ 80 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-68
4.38 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 82 ถึง เวลาที่ 100 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-69
4.39 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดในเวลาที่ 102 ถึงเวลาที่ 120 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-69

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.40 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 122 ถึงนาที่ที่ 140 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-70
4.41 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 142 ถึงนาที่ที่ 160 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-70
4.42 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 162 ถึงนาที่ที่ 180 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-71
4.43 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 182 ถึงนาที่ที่ 200 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-71
4.44 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 202 ถึงนาที่ที่ 220 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-72
4.45 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 222 ถึงนาที่ที่ 240 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-72
4.46 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุดในนาที่ที่ 242 ถึงนาที่ที่ 246 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา	4-73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

การบริหารจัดการนำอ้อยเข้าโรงงานโดยใช้รถตัดเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากสถานการณ์การขาดแคลนแรงงานและค่าแรงที่เพิ่มสูง ประเทศไทยมีการซื้อและส่งเสริมให้ใช้รถตัดอ้อยมากขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตามปริมาณอ้อยที่รถตัดสามารถตัดได้ต่อวันยังต่ำเมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้ว เนื่องจากเครื่องจักรไม่สามารถตัดอ้อยได้อย่างต่อเนื่อง โดยปัจจัยหลักที่ทำให้รถตัดต้องหยุดตัดบ่อยครั้งคือข้อแรก แปลงอ้อยในไทยยังมีขนาดเล็กเนื่องจากเกษตรกรยังปลูกอ้อยในที่ของตัวเองไม่มีการรวมแปลง ทำให้รถตัดต้องหยุดกลับรถเพื่อเข้าตัดอ้อยร่องใหม่และเดินทางข้ามแปลงบ่อยครั้ง และข้อที่สอง ขาดรถบรรทุก รถตัดอ้อยต้องการรถบรรทุกมารับอ้อยในขณะตัด เมื่อรถบรรทุกไม่สามารถมารับอ้อยได้อย่างต่อเนื่อง การตัดจึงต้องหยุดชะงักลง การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอาจไม่ใช่การแก้ปัญหาที่ได้ผลเสมอไปเนื่องจากปริมาณรถที่เพิ่มย่อมทำให้เวลาในการรอของรถทั้งที่แปลงอ้อยก่อนการตัดและที่โรงงานก่อนการเทอ้อยนานขึ้น นอกจากนี้ยังไม่ได้ปริมาณอ้อยเพิ่มขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้รถบรรทุกไม่สามารถวิ่งทำจำนวนรอบการขนส่งต่อวันได้ตามเป้าหมาย ทำให้คนขับรถได้รับค่าตอบแทนน้อยกว่าที่ควรจะได้รับ และการรอเป็นเวลานานหลังการตัดยังส่งผลให้ชาวไร่ได้รับผลตอบแทนน้อยจากคุณภาพที่ลดลง อีกทั้งปริมาณของน้ำอ้อยที่ลดลงเรื่อยๆ หลังการเก็บเกี่ยว

การวางระบบการขนส่งอ้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถตัด รถบรรทุก และลดเวลาในการรอจึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนในช่วงเวลาที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยกำลังเปลี่ยนจากแรงงานคนเป็นรถตัด ในปัจจุบันการจัดสรรรถตัดอ้อยและรถบรรทุกเข้าแปลงส่วนใหญ่จะตัดสินใจจากประสบการณ์ และจำนวนรถบรรทุกที่มีอยู่จากการทบทวนวรรณกรรมของงานวิจัยในเชิงปริมาณที่ผ่านมามีพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการวางแผนการตัดอ้อยในองค์กรรวม โดยคำนวณว่าต้องตัดอ้อยในแปลงใด ด้วยปริมาณอ้อยต่อวันมีปริมาณเท่าไร เพื่อให้โรงงานน้ำตาลได้รับอ้อยที่มีคุณภาพและปริมาณสูงสุด แต่ยังขาดรายละเอียดการคำนวณวิธีการจัดสรรรถตัดและรถบรรทุกให้ทำงานได้ตามแผนที่วางไว้ ขาดความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่รถบรรทุกต้องรอกับปัจจัยทั้งในส่วนของการแปลง ส่วนของการขนส่ง และส่วนของการหีบ ซึ่งเวลานี้เป็นตัวแปรสำคัญต่อความถูกต้องในการประมาณค่าตัวชี้วัดอื่นเช่น ปริมาณอ้อยที่ตัดได้ในแต่ละแปลง ปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานต่อวัน เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงมุ่งสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการคำนวณเวลาในการรอและปริมาณอ้อยที่เข้าสู่โรงงานได้ต่อวันในแปลงที่กำหนดด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอย โดยคำนึงถึงปัจจัยทั้งในส่วนของระบบคิว ลักษณะแปลง ประสิทธิภาพของรถตัดและระบบขนส่งอ้อยที่มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ผู้ประกอบการและชาวไร่ได้เห็นผลลัพธ์ในเชิงปริมาณอย่างชัดเจนจากการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ ช่วยให้การเพิ่มประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยเป็นไปได้ถูกต้อง พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงเป็นการลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทยที่ยั่งยืนสืบไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองแถวคอยสำหรับระบบการขนส่งอ้อยร่วมกับโรงงานน้ำตาลจำนวน 2 โรงงาน

1.2.2 เพื่ออบรมการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองแก่พนักงานผู้รับผิดชอบการวางแผนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลจำนวน 2 โรงงาน

1.2.3 เพื่อปรับแก้ให้โปรแกรมแบบจำลองแถวคอยสามารถคำนวณปริมาณการตัดอ้อยด้วยความผิดพลาดไม่เกิน 10% ด้วยสถานการณ์ที่ตัวแปรเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

1.2.4 เพื่อใช้โปรแกรมเป็นเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าโรงงานทั้งสองในอนาคตให้ดียิ่งขึ้นอย่างน้อย 2%

1.2.5 เพื่อการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยในงานประชุมระดับชาติ 1 ครั้ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 โรงงานน้ำตาลที่จะเข้าให้คำปรึกษา ได้แก่ โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันตก โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3.2 ส่วนของสถานีขนถ่ายอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ทั้งหมด 21 สถานี โดยสถานีขนถ่ายตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3.3 สมมติฐานของแบบจำลองได้แก่ บุคคลที่ทำกิจกรรมต่างๆ ในการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลทำหน้าที่ของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพใช้เวลาเท่ากับค่าเฉลี่ยของการทำงานโดยทั่วไป แบบจำลองจะไม่นำค่าผิดปกติที่มีความถี่ในการเกิดขึ้นน้อยครั้งมาคำนวณ เช่นเดียวกับเวลาการทำงานของเครื่องจักร เวลาในการเดินทางและค่าความหนาแน่นอ้อย ทั้งนี้ถ้าค่าดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงจะสามารถปรับใหม่ให้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการได้

ในการใช้งานโปรแกรมครั้งต่อไป โรงงานมีอำนาจเต็มในการจัดคิวให้รถบรรทุกแต่ละคันเข้าโรงงาน โดยอาจให้สิทธิรถบรรทุกบางคันเข้าเทกองได้โดยไม่ต้องขออนุญาตจากรถบรรทุกคันอื่น

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะของการวิจัย

1.4.1 สถานีขนถ่ายอ้อยหรือสถานีพักอ้อย (Cane Loading Station)

หมายถึง สถานที่ที่ถูกเลือกให้เป็นแหล่งพักอ้อยระหว่างแปลงอ้อยของเกษตรกรกับโรงงานน้ำตาล เพื่อรอการขนส่งจากแหล่งพักอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล การขนส่งอ้อยจากแปลงอ้อยมาที่สถานีขนถ่าย (Loading Station) และขนถ่ายไปสู่โรงงานน้ำตาลอีกต่อหนึ่ง (Redirect Channel) เป็นรูปแบบการขนส่งที่เข้าถึงชาวไร่อ้อยรายเล็กที่มีพื้นที่อยู่ห่างจากโรงงานน้ำตาล เกษตรกรที่ต้องการนำอ้อยมาส่งที่ลานต้องใช้รถสตริงรอก่อนนำอ้อยขึ้นรถ เมื่อไปถึงสถานีขนถ่าย จะใช้เครนยกรถบรรทุกคันใหญ่แล้วใช้รถเครนยกอ้อยโดยข้อดี คือ ชาวไร่อ้อยสามารถใช้นานพาหนะของตนเอง เช่น รถอีแต่น รถอีแต๊ก เป็นต้น ส่วนข้อเสีย คือ ปริมาณอ้อยที่ได้มีจำนวนน้อย และค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของการจัดตั้งสถานีค่อนข้างสูง หากมีการขนถ่ายไม่ดีจะทำให้อ้อยหล่นลงพื้นเสียหาย (ปภาวรินทร์, 2556)

1.4.2 รถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer)

หมายถึง รถที่ไม่มีแรงขับเคลื่อนในตัวเอง จำเป็นต้องใช้รถอื่นลากจูง และน้ำหนักบรรทุกน้ำหนักบรรทุกบางส่วนเฉลี่ยลงบนเพลาล้อของรถคันลากจูง ตามประกาศจากกรมทางหลวงในส่วนที่ 2 ยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถกึ่งพ่วง ในกรณีของรถกึ่งพ่วงนี้จะมีตัวรถลากจูงชนิดเพลาคู่ ใ้ย่างคู่ ซึ่งมีน้ำหนัก 20 ตัน และส่วนตัวพ่วง ชนิด 3 เพลา ใ้ย่างคู่ ซึ่งมีน้ำหนัก 25.50 ตัน โดยมีระยะห่างระหว่างสลักพ่วง (King Pin) มากกว่า 8 เมตร ดังนั้นสามารถบรรทุกสินค้ารวมน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 50.50 ตัน โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2553 (กรมทางหลวงชนบท, ม.ป.ป)

1.4.3 รถพ่วง (Full Trailer)

หมายถึง รถหัวลากมีกระบะบรรทุก การรับ น้ำหนักของโครงคัสชี (Chassis) ระหว่างรถหัวลากกับรถพ่วงแยกเป็นอิสระจากกัน ต่อพ่วงกันด้วยอุปกรณ์ลากจูง ถ้าถอดหางพ่วงออก รถหัว ลากก็สามารถใช้บรรทุกขนส่งสินค้าได้ ตามประกาศจากกรมทางหลวงในส่วนที่ 3 ยานพาหนะชนิดรถลากจูงและรถพ่วง ในกรณีรถพ่วงนี้จะมีรถหัวลากชนิดเพลาคู่ ใ้ย่างคู่ ซึ่งมีน้ำหนัก 20 ตัน และตัวหางพ่วงเพลาคู่ ใ้ย่างคู่ ชนิดเพลาน้ำหนัก 10 ตัน กับ ส่วนเพลาท้าย ชนิดเพลาคู่ ใ้ย่างคู่ ซึ่งมีน้ำหนัก 18 ตัน เมตร ดังนั้นสามารถบรรทุก

สินค้ารวมน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 50.50 ตัน โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557 (กรมทางหลวงชนบท, ม.ป.ป)

1.4.4 การขนส่งอ้อยสู่โรงงานน้ำตาลด้วยหัวลาก 1 ชุด (Single-loop protocol)

หมายถึง ระบบการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด โดยรถขนส่งจากไร่อ้อยจะผ่านสถานีขนถ่าย หลังจากนั้นรถขนส่งอ้อยจะเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ซึ่งชาวไร่อ้อยสามารถใช้นาพาหนะขนส่งขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กก็ได้มายังสถานีขนถ่าย หลังจากนั้นจะใช้รถบรรทุกประเภทบรรทุกขนาดใหญ่ หรือรถสิบล้อ ขนส่งอ้อยต่อไปยังโรงงานน้ำตาลต่อไป ทั้งนี้เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และสามารถบรรทุกอ้อยได้ทีละจำนวนมาก

1.4.5 รูปแบบการขนส่งอ้อยผ่านลานโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด (Double-loop protocol)

หมายถึงระบบการขนส่งที่จะใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 คือหัวลากที่รับส่งอ้อยระหว่างสถานีหรือแปลงกับลานจอดของโรงงาน และ ชุดที่ 2 คือหัวลากที่ขนอ้อยจากลานเข้าเท หัวลากชุดแรกจะรับอ้อยจากสถานีหรือแปลงอ้อย และขนส่งอ้อยเข้าโรงงานเหมือนระบบขนส่งโดยใช้หัวลาก 1 ชุด แต่เมื่อถึงลานจอดที่โรงงาน รถกึ่งพ่วงจะถอยวางทางที่บรรทุกอ้อย และรับทางเปล่ากลับได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โรงงานน้ำตาลสามารถใช้โปรแกรมแบบจำลองแถวคอยเป็นเครื่องมือในการช่วยวางแผน การเก็บเกี่ยวและขนส่ง ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าโรงงานได้มากขึ้นด้วยทรัพยากรคือจำนวนรถตัดอ้อยและรถบรรทุกเท่าเดิม การแสดงผลอย่างชัดเจนของโปรแกรมจะช่วยให้สามารถระบุตำแหน่งคอขวดของระบบได้ ทำให้การปรับปรุงระบบการขนส่งอ้อยสามารถทำได้มีประสิทธิภาพ และสามารถเปลี่ยนแปลงระบบให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปในอนาคต เพื่อการลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยอย่างยั่งยืน

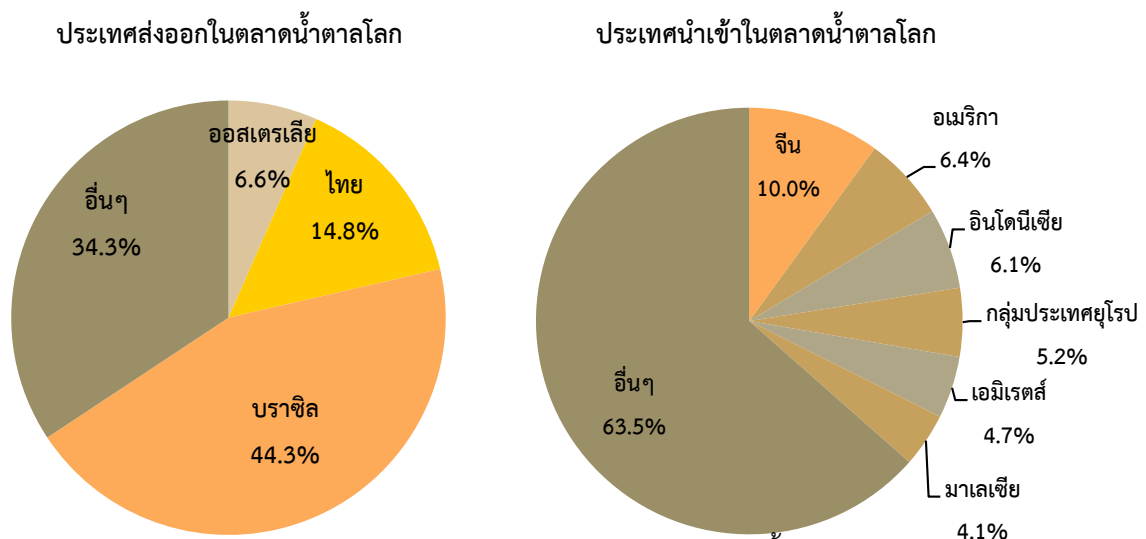
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

2.1.1 สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอ้อยและอุตสาหกรรมน้ำตาลในปัจจุบันของโลก

อุตสาหกรรมน้ำตาลในโลกสัดส่วนประมาณ 85% ผลิตจากอ้อย ที่เหลืออีก 15% ผลิตจากหัวผักกาด โดยส่วนใหญ่เป็นโรงงานน้ำตาลในยุโรป ดังนั้นอ้อยจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อทิศทางราคาน้ำตาลโลก จากกระแสเก็งกำไรในตลาดสินค้าโภคภัณฑ์ในช่วงปี 2548-2554 ซึ่งถือเป็นช่วงขาขึ้นของราคาสินค้าโภคภัณฑ์ เกษตร ผนวกกับความต้องการอ้อยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเอทานอลทั่วโลกที่เพิ่มขึ้นมากหลังราคาน้ำมันพุ่งสูง เป็นปัจจัยผลักดันให้ราคาน้ำตาลโลกในช่วงเวลาดังกล่าวปรับสูงขึ้นถึง 3 เท่า และมีผลให้เกิดการขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อย รวมทั้งเกิดการขยายโรงงานและเพิ่มกำลังการผลิตน้ำตาลในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศผู้ผลิตสำคัญ ได้แก่ บราซิล (สัดส่วน 21% ของผลผลิตน้ำตาลโลกในปี 2558) อินเดีย (17%) ไทย (7%) และ จีน (6%) อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมน้ำตาลของโลกยังคงเน้นผลิตเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศ โดยเฉพาะอินเดียและจีนซึ่งเป็นผู้บริโภครายใหญ่ที่สุดของโลก ซึ่งมีสัดส่วนรวมกันถึงเกือบ 1 ใน 3 ของโลก และมีเพียงบางประเทศที่มีสถานะเป็นผู้ส่งออกสุทธิ ที่สำคัญได้แก่ บราซิล ซึ่งมีสัดส่วนการส่งออกน้ำตาลในตลาดโลกถึง 44% ตามด้วยไทย (15%) และออสเตรเลีย (7%) (วิจัยกรุงศรี, 2559) ดังแสดงในภาพที่ 2.1

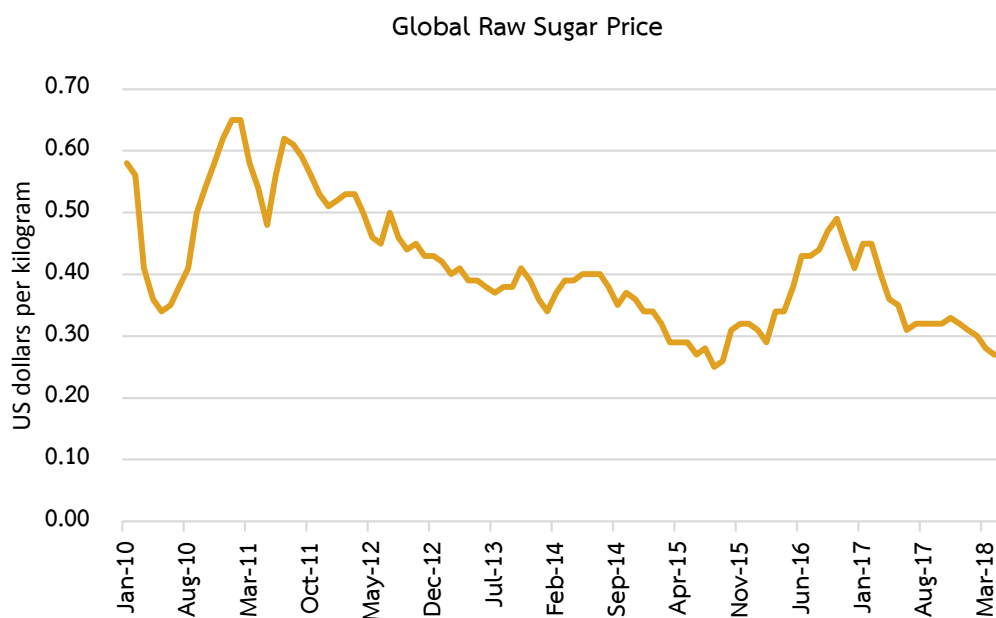


ภาพที่ 2.1 สัดส่วนประเทศส่งออก (ซ้าย) และประเทศนำเข้า (ขวา) ในตลาดน้ำตาลโลก

ที่มา: แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2559-61: อุตสาหกรรมน้ำตาล วิจัยกรุงศรี (2559)

2.1.1.1 สถานการณ์ที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับอ้อยและอุตสาหกรรมน้ำตาลของโลก

หลังปี 2554 ผลจากการขยายตัวอย่างมากของอุตสาหกรรมน้ำตาลโลกที่ผ่านมา และกระแสเก็งกำไรในตลาดล่วงหน้าที่อ่อนแรงลง มีผลให้ราคาน้ำตาลในตลาดโลกเป็นทิศทางขาลงเช่นเดียวกับสินค้าโภคภัณฑ์เกษตรอื่นๆ โดยราคาน้ำตาลในตลาดโลกปรับลดลงต่อเนื่องจากระดับสูงสุดที่ 0.65 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัมในเดือนมกราคม ปี 2554 มาสู่ระดับต่ำสุดที่ 0.25 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ในเดือนสิงหาคมปี 2558 อย่างไรก็ตาม ในช่วงท้ายปี 2558 ราคาน้ำตาลในตลาดโลกเริ่มมีสัญญาณกลับมาเป็นขาขึ้นหลังอุปทานน้ำตาลโลกมีปริมาณลดลงจากผลกระทบของเอลนีโญ (El Nino) (วิจัยกรุงศรี, 2559) โดยราคาน้ำตาลโลกเฉลี่ยอยู่ที่ 0.32 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ในช่วงไตรมาสที่ 4/2558 เทียบกับเฉลี่ย 0.29 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2558 นอกจากนี้ ในปีเดียวกันนี้อุตสาหกรรมน้ำตาลไทยยังได้รับการชดเชยจากปริมาณการจำหน่ายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตลาดส่งออก ซึ่งมีส่วนช่วยให้อุตสาหกรรมสามารถประคองตัวได้ต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แนวโน้มราคาน้ำตาลดิบในตลาดโลก (หน่วย: ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม)

ที่มา: Indexmundi (2018)

2.1.1.2 แนวโน้มของอ้อยและอุตสาหกรรมน้ำตาลของโลก

การคาดการณ์ผลประกอบการของอุตสาหกรรมน้ำตาลในระยะ 1-3 ปีข้างหน้าจะค่อยๆ ปรับดีขึ้น เป็นผลจากราคาที่กลับมาเป็นขาขึ้น โดยมีปัจจัยสนับสนุนดังต่อไปนี้

1) อุปสงค์โลกฟื้นตัวต่อเนื่อง มีอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง และกลุ่มประเทศอาเซียนที่มีความต้องการบริโภคเพิ่มขึ้น ตามการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ

2) ความต้องการนำเข้าน้ำตาลของโลกสูงขึ้น ผลจากการที่ประเทศผู้บริโภคน้ำตาลที่สำคัญ อย่างประเทศจีนและ กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป จะมีความต้องการนำเข้าน้ำตาลเพิ่มขึ้น 10% ต่อปี หลังการปิดโรงงานน้ำตาลในประเทศ อีกทั้งความกังวลต่อปริมาณผลผลิตน้ำตาลที่จะมีแนวโน้มลดลง อาจมีผลให้หลายประเทศเพิ่มการนำเข้าน้ำตาลมากขึ้น ภาวะเช่นนี้จะช่วยให้ผู้ผลิตและส่งออกน้ำตาลมีอำนาจต่อรองในตลาดสูงขึ้น

3) การคงกำลังการผลิตเอทานอลของบราซิล มีผลให้มีความต้องการใช้อ้อยต่อเนื่อง และราคาอ้อย (ต้นทุนการผลิตน้ำตาล) ยังอยู่ในระดับสูง ขณะเดียวกันยังช่วยลดความกังวลของการเพิ่มการผลิตและส่งออกน้ำตาลของบราซิล (วิจัยกรุงศรี, 2559)

2.1.2 สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอ้อยและอุตสาหกรรมน้ำตาลของไทย

สำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาลในไทยประจำปีการผลิต 2560/2561 ปัจจุบันมีโรงงานน้ำตาล 55 โรงงาน มีปริมาณอ้อยเข้าหีบรวม 134.93 ล้านตัน โดยสามารถผลิตเป็นน้ำตาลได้ 147.11 ล้านกระสอบ มีผู้ประกอบการที่สำคัญ คือ กลุ่มเกษตรไทยอินเตอร์ กลุ่มไทยรุ่งเรือง และกลุ่มมิตรผล มีส่วนแบ่ง 5.38% 4.22% และ 3.86% ของปริมาณอ้อยเข้าหีบของไทย ตามลำดับ (สำนักบริหารอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561) ปัจจุบันการผลิตน้ำตาลของไทยเน้นส่งออกในสัดส่วนสูงถึง 70-75% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยมีตลาดหลักในภูมิภาคเอเชีย ซึ่งเป็นตลาดระยะใกล้ที่ไทยได้เปรียบด้านต้นทุนขนส่ง เช่น อินโดนีเซีย (สัดส่วน 20% ของมูลค่าส่งออกน้ำตาลรวม) พม่า (13%) จีน (13%) และ ญี่ปุ่น (9%) ขณะที่การบริโภคน้ำตาลในประเทศ สัดส่วน 55% เป็นการบริโภคโดยตรงของครัวเรือน ที่เหลือใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น เครื่องดื่ม อาหาร และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น

ทั้งนี้โครงสร้างอุตสาหกรรมน้ำตาลไทยถือว่าแข็งแกร่งและมีศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลก จากปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

1) ไทยได้เปรียบคู่แข่ง (โดยเฉพาะบราซิล) ในด้านระยะทางในการส่งออกน้ำตาลไปยังเอเชีย โดยเฉพาะอินโดนีเซียและจีน ซึ่งเป็นประเทศที่ยังมีความต้องการนำเข้าน้ำตาลสูงต่อเนื่อง อีกทั้งการที่ฤดูกาลผลิตของไทย (ธันวาคม-เมษายนของทุกปี) เป็นคนละช่วงเวลากับบราซิล (เมษายน-ตุลาคมของทุกปี) ยังช่วยลดภาวะการแข่งขันในตลาดส่งออก

2) ระบบอุตสาหกรรมน้ำตาลไทยที่ควบคุมโดยภาครัฐ ช่วยให้โรงงานน้ำตาลไทยยังสามารถทำกำไร แม้ในภาวะราคาน้ำตาลโลกตกต่ำ เช่น (1) การคุ้มครองจากทางการจำกัดใบอนุญาตดำเนินการทั้งในส่วน of โรงงานน้ำตาลและผู้ค้า/ผู้ส่งออก (2) การกำหนดให้มีระบบจัดสรรผลผลิตน้ำตาลเพื่อใช้ในประเทศและส่งออก หรือระบบโควตาการจำหน่าย เป็นต้น นอกจากนี้ที่ผ่านมาผู้ประกอบการอุตสาหกรรมน้ำตาลยังรับรู้รายได้เพิ่มเติมจากการลงทุนในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้ผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้มาเป็นวัตถุดิบ อาทิเช่น เอทานอล ผลิตไฟฟ้าชีวมวล เยื่อกระดาษปุย ปาร์ติเคิลบอร์ด เป็นต้น (วิจัยกรุงศรี, 2559)

ในช่วงปีที่ผ่านมามติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2560 ซึ่งเห็นชอบกับการแก้ไขกฎหมายเกี่ยวกับอ้อยและน้ำตาล โดยลดการอุดหนุนและแทรกแซงลง นับเป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญ จากเดิมที่ภาครัฐเข้ามาช่วยเหลือในช่วงที่ชาวไร่อ้อยได้รับราคาอ้อยไม่คุ้มกับต้นทุนการผลิตไปเป็นการให้กลไกตลาดทำหน้าที่ทดแทน รวมถึงการปฏิบัติให้สอดคล้องกับข้อตกลงที่ภาครัฐมีกับประเทศต่างๆ ขณะเดียวกันก็เป็นการดูแลทางฝั่งของประชาชนและภาคอุตสาหกรรมผู้ใช้น้ำตาลให้ได้รับราคาน้ำตาลที่เป็นธรรมด้วยเช่นกัน

จากเหตุการณ์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การปล่อยลอยตัวราคาน้ำตาล เกิดขึ้นในช่วงที่ราคาน้ำตาลตลาดโลกมีแนวโน้มปรับลดลง ซึ่งแม้ว่าจะส่งผลดีต่อผู้ใช้ที่สามารถบริโภคน้ำตาลในราคาที่ถูกลง แต่มีโอกาสที่ราคาอ้อยในปีการผลิต 2560/2561 จะปรับลดลงมาอยู่ที่ 860-880 บาทต่อตันอ้อย เทียบกับปีการผลิตก่อนที่ได้รับอยู่ 1,050 บาทต่อตันอ้อย อย่างไรก็ตาม คาดว่าภาครัฐน่าจะมีมาตรการช่วยเหลือเพื่อลดผลกระทบต่อชาวไร่อ้อย ซึ่งขึ้นกับเม็ดเงินที่เข้ามาในระบบ รวมถึงเงื่อนไขพันธกรณีของไทยมีข้อตกลงกับต่างประเทศ แนวโน้มอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล คงจะถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาดมากขึ้น ดังนั้น ทุกภาคส่วนจำเป็นต้องปรับตัวโดยการเตรียมมาตรการหรือแนวทางที่จะรับมือกับราคาน้ำตาลตลาดโลก ที่อาจมีความผันผวน โดยไม่ขัดกับข้อตกลงระหว่างประเทศ เช่น การเร่งหาหนทางปรับลดต้นทุนการผลิต หรือการเพิ่มผลตอบแทนจากการเพาะปลูก ซึ่งในระยะสั้นทำได้โดยการเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ หรือการเพิ่มค่าความหวานอ้อย ที่จะทำให้รายได้ต่อไร่ปรับเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ในระยะยาวการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการนำเอาอ้อยและน้ำตาลไปผลิตสินค้าประเภทอื่นที่มีมูลค่าเพิ่ม น่าจะช่วยให้อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยมีความยั่งยืนในระยะข้างหน้าได้ (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

2.1.2.1 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศไทยในปัจจุบัน

ในภาวะการณ์ขาดแคลนแรงงานและค่าแรงที่เพิ่มสูงขึ้น การใช้รถตัดอ้อยสร้างความมั่นคงในระบบการเก็บเกี่ยว และยังมีผลดีกับสิ่งแวดล้อมและดิน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเผาก่อนตัด ส่วนใบอ้อยสดที่ถูกตัดสามารถรักษาความชื้นบริเวณหน้าดิน และไถกลบเป็นปุ๋ยบำรุงดินได้ อย่างไรก็ตามการตัดสินใจลงทุนซื้อรถตัดอ้อยใหม่ซึ่งมีราคาต่อคันมากกว่า 10 ล้านบาท จำเป็นต้องมีการศึกษาระบบ เพื่อให้การใช้งานสร้างความคุ้มค่าในระยะยาว (อธิปัญญกุล และคณะ 2558) การทำงานของรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นท่อน (Chopper Type Mechanical Harvester) จำเป็นมีรถบรรทุกมารองรับอ้อยที่ตัดจากรถตัดอ้อยอย่างต่อเนื่อง แต่การขนส่งอ้อยจากแปลงอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล ปัญหาที่พบ คือ การเกิดแถวคอยของรถบรรทุกอ้อยขึ้นในโรงงานน้ำตาล ทำให้มีเวลาในการรอของรถบรรทุกอ้อยนาน ส่งผลต่อคุณภาพของอ้อยทั้งการสูญเสียน้ำหนักและการลดลงของค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar: CCS) หลังการเก็บเกี่ยวอ้อย ควรลำเลียงอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอย่างรวดเร็ว เพื่อให้น้ำหนักและความหวานของอ้อยใกล้เคียงอ้อยตัดใหม่มากที่สุด (Yusof et al. 2000) ทำให้ฝ่ายโรงงาน เกษตรกร คนขับรถบรรทุก และรถตัดได้รับผลตอบแทนตามที่ได้ตกลงไว้ โรงงานและเกษตรกรควรประชุมวางแผนการปลูกและเก็บเกี่ยวอ้อยร่วมกัน เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว รถตัดจะถูกจัดสรรให้ตัดในแปลงต่างๆ ตามแผนที่ได้วางไว้

2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย

2.2.1 คำนิยามของอ้อย

อ้อยเป็นพืชอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตน้ำตาล ผลผลิตอ้อยที่ได้จากเกษตรกรเป็นวัตถุดิบที่นำเข้าโรงงานเพื่อใช้ในการแปรรูปเป็นน้ำตาล ถือว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมที่เกิดประโยชน์มากมายทั้งในระบบการผลิต นอกจากจะให้น้ำตาลที่บริโภคเป็นอาหารแล้วยังสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ผลิตแอลกอฮอล์ และเชื้อเพลิง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสารเคมีหลายชนิด โดยประเทศที่มีมูลค่าการส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 1 ของโลกคือ ประเทศบราซิล (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542)

2.2.2 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยภายในประเทศปีการผลิต 2559/2560

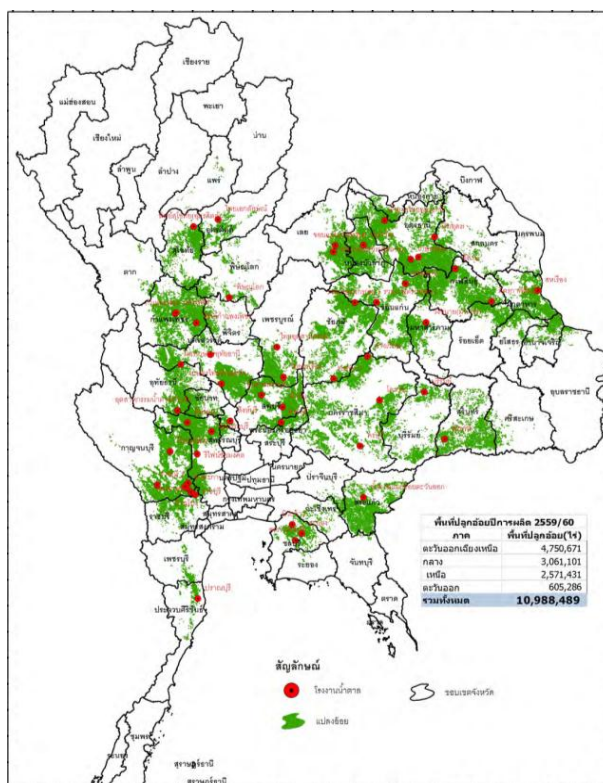
ประเทศไทยในปีการผลิต 2559/2560 มีเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยประมาณ 10,988 พันไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยส่งโรงงานประมาณ 9,864 พันไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยทำพันธุ์ 1,123 พันไร่ โดยมีพื้นที่ลดลงจากปีการผลิต 2558/2559 จำนวน 24.35 พันไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22 ส่วนปริมาณผลผลิตประมาณ 103,533 พันตัน โดยมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 9.43 ตันต่อไร่ ซึ่งจะสรุปผลพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นรายภาค (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2560) ได้ดังนี้

1) ภาคเหนือ ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 9 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดแพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิชณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ มีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 2,571.43 พันไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2558/2559 จำนวน 33.59 พันไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.32 โดยในเขตพื้นที่จังหวัด นครสวรรค์ และกำแพงเพชร เปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกจากเดิมที่เป็นนาข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มาปลูกอ้อยแทนจึงทำให้ปริมาณพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้น

2) ภาคกลาง ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 12 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี สระบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 3,061.10 พันไร่ เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2558/2559 จำนวน 7.86 พันไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.26 โดยพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกอ้อยเพิ่มมากขึ้นได้แก่ จังหวัดสระบุรี กาญจนบุรี ลพบุรี และราชบุรี เนื่องจากมีโรงงานน้ำตาลตั้งขึ้นใหม่

3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 20 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเลย หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย บึงกาฬ สกลนคร นครพนม ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มุกดาหาร อำนาจเจริญ ยโสธร นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 4,750.67 พันไร่ ลดลงจากปีการผลิต 2558/2559 จำนวน 35.70 พันไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.75 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง

4) ภาคตะวันออก ประกอบด้วยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวน 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และจันทบุรี มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 605.29 พันไร่ ลดลงจากปีการผลิต 2558/2559 จำนวน 30.11 พันไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.74 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตอ้อย สามารถแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลประเทศไทยในปีการผลิต 2559/2560

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561)

2.3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล

2.3.1 โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

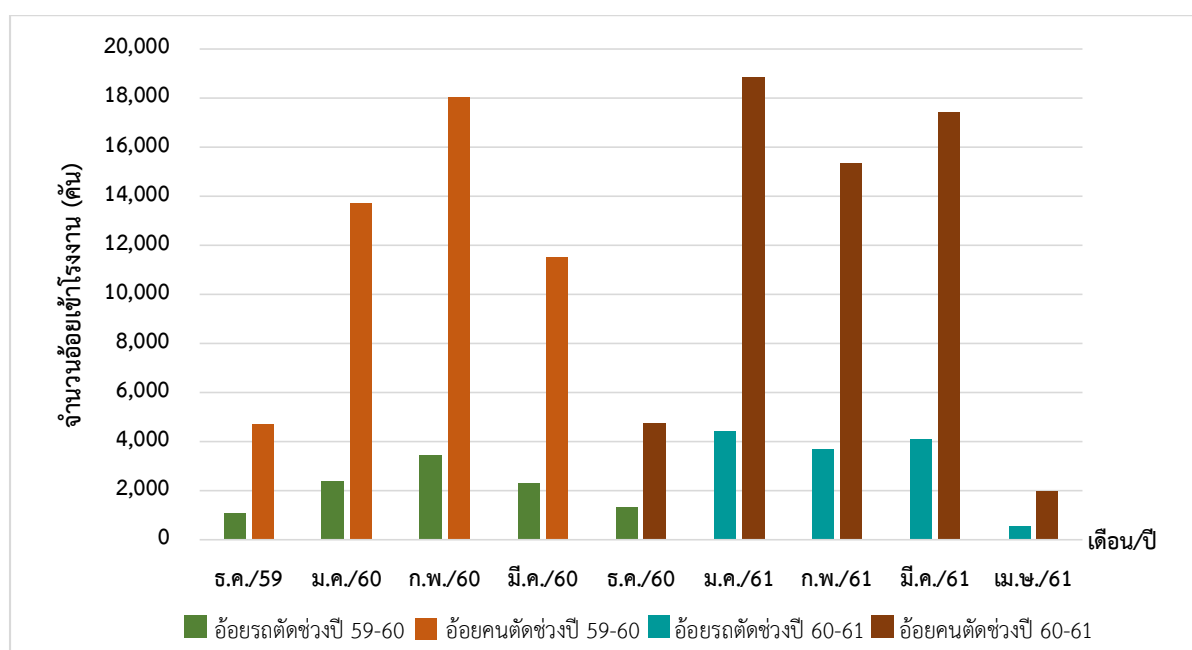
1) ข้อมูลทั่วไป

โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย โดยมีกำลังหีบอ้อยต่อวัน 12,000 ตัน ต่อวัน และมีรถตัดของโรงงานทั้งหมด 18 คัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

รายการ	ข้อมูลรายละเอียด
กำลังการหีบต่อวัน (ตัน)	12,000
จำนวนดัมพ์ (แท่น)	5
จำนวนรถตัดของโรงงาน (คัน)	18
ประเภทของรถบรรทุก	10 ล้อ และ 18 ล้อ
จำนวนลาน	2 ลาน (ลานใน 6 ไร่ และ ลานนอก 9 ไร่)
ระบบคิว	คิวเสรี โดยจะมีการกำหนดดัมพ์สำหรับอ้อยสดและไฟไหม้ ตามช่วงเวลา

จากข้อมูลบันทึกการรับส่งอ้อยในช่วงตั้งแต่ปี 2559-2561 ซึ่งแบ่งตามประเภทอ้อยการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นคือ อ้อยรถตัด กับอ้อยคนตัด แสดงดังภาพที่ 2.4 พบว่า ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 มีจำนวนอ้อยเข้าโรงงานประเภทอ้อยคนตัดมากกว่าอ้อยรถตัด โดยช่วงปีก่อนหน้าตั้งแต่เดือนธันวาคม ปี 2559 ถึงเดือนมีนาคม ปี 2560 มีจำนวนอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด 57,190 คัน ซึ่งแบ่งเป็นอ้อยคนตัด 47,983 คัน และอ้อยรถตัด 9,207 คัน โดยช่วงเดือนที่มีอ้อยเข้าโรงงานมากที่สุด คือ เดือนกุมภาพันธ์ โดยมีอ้อยเข้าโรงงานในเดือนดังกล่าวทั้งหมด 21,492 คัน ซึ่งแบ่งเป็นอ้อยคนตัด 18,035 คัน และอ้อยรถตัด 3,457 คัน ส่วนในช่วงปีนี้ตั้งแต่เดือนธันวาคม ปี 2560 ถึงเดือนเมษายน ปี 2561 ทั้งนี้ในช่วงปีดังกล่าวนี้มีปริมาณอ้อยเข้าโรงงานมากจากปริมาณผลผลิตอ้อยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ทางโรงงานมีการขยายเวลาเปิดหีบอ้อยเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งเดือน ซึ่งมีจำนวนอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด 72,405 คัน ซึ่งแบ่งเป็นอ้อยคนตัด 58,322 คัน และอ้อยรถตัด 14,083 คัน โดยช่วงเดือนที่มีอ้อยเข้าโรงงานมากที่สุด คือ เดือนมกราคม โดยมีอ้อยเข้าโรงงานในเดือนดังกล่าวทั้งหมด 23,269 คัน ซึ่งแบ่งเป็นอ้อยคนตัด 18,849 คัน และอ้อยรถตัด 4,420 คัน



ภาพที่ 2.4 เปรียบเทียบจำนวนอ้อยเข้าโรงงานในแต่ละเดือนตามประเภทอ้อยการเก็บเกี่ยวอ้อย

ที่มา: จากการสัมภาษณ์

2) กระบวนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

กระบวนการขนส่งออกและการจัดส่งไปยังโรงงานน้ำตาลเป็นกระบวนการทางโลจิสติกส์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งกิจกรรมต่างๆ มีเป็นจำนวนมาก เช่น การตัดอ้อย การลำเลียงอ้อยขึ้นรถ การขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล การรับอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต เป็นต้น โดยส่วนของกระบวนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) รูปแบบการตัดอ้อย

การจัดการการตัดอ้อยส่วนใหญ่เป็นของชาวไร่ ซึ่งมีระบบการตัดแบบวิธีจับฉลากหรือตกลงกันเองในกลุ่มตามปริมาณอ้อยซึ่งเป็นอิสระจากโรงงาน

2.2) รูปแบบการขนส่ง

การขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ใช้รูปแบบขนส่งทางถนน ซึ่งทางโรงงานไม่มีการบันทึกข้อมูลประเภทและขนาดของรถ โดยจากการสำรวจส่วนใหญ่เป็นรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ และ 18 ล้อ ซึ่งการขนส่งอ้อยโดยใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่เป็นการขนส่งที่ให้ความสะดวกรวดเร็ว สามารถขนส่งอ้อยได้เที่ยวละจำนวนมาก และสามารถขนส่งอ้อยจากไร่ไปยังโรงงานน้ำตาลเข้าสู่สายพานนำอ้อยเข้าหีบ แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การขนส่งอ้อยด้วยรถบรรทุก

ลักษณะของเส้นทางที่รถบรรทุกอ้อยต้องวิ่งผ่าน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ทางในไร่และทางหลวง รถบรรทุกจะวิ่งได้ไม่เร็วนักเมื่อต้องวิ่งบนทางในไร่ โดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 20-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนทางหลวงจะเป็นเส้นทางที่พ้นจากทางไร่ออกมาแล้วจะตรงไปสู่โรงงานน้ำตาลโดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่วิ่งรถเปล่ากลับไปยังไร่โดยมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 60-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยวิ่งบนทางหลวงความเร็วเฉลี่ยประมาณ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.3) การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

เมื่อรถบรรทุกอ้อยมาถึงโรงงานน้ำตาล รถบรรทุกจำเป็นต้องรอคิวในบริเวณลานจอดรถอ้อยของโรงงาน ซึ่งประกอบด้วยลานนอกขนาด 14,400 ตารางเมตร หรือ 9 ไร่ และลานในขนาด 8,000 ตารางเมตร หรือ 5 ไร่ แสดงดังภาพที่ 2.6 โดยในแต่ละฤดูกาลผลิตน้ำตาล โรงงานน้ำตาลสามารถรับอ้อยเข้าหีบในแต่ละวันได้ตามความสามารถกำลังการผลิตอ้อยเท่านั้น (24 ชั่วโมงทำงาน) โดยคิวส่งมอบอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นระบบคิวเสรี เป็นระบบเรียงคิวเวียนไปเรื่อยๆ ใครมาก่อนก็เข้าได้ก่อน เมื่อ

รถบรรทุกขนส่งอ้อยเข้ามาที่หลังก็ต่อท้ายกันไปเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตามโรงงานมีไร่อ้อยพร้อมรถตัดอ้อย และรถบรรทุกเป็นของตนเอง ดังนั้นจึงสามารถจัดการระบบการขนส่งอ้อยในส่วนนี้ได้ ซึ่งโรงงานน้ำตาลให้ความสำคัญกับอ้อยรถตัด (อ้อยสด) มากกว่าอ้อยคนตัด (อ้อยไฟไหม้) นอกจากนี้ได้ราคาซื้อที่มากกว่าแล้ว อ้อยรถตัดยังได้สิทธิในการเข้าชั่งและรอในลานในได้ก่อนอ้อยคนตัด



ภาพที่ 2.6 แผนที่ลานจอดรถขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

ที่มา: Google Map (2018)

จากนั้นระบบการเทอ้อยยังเอื้อประโยชน์ให้อ้อยรถตรอนานน้อยกว่าอ้อยคนตัด ในช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 15.00 น. ซึ่งมีการตัดด้วยรถตัด ดังนั้นโรงงานจะมีการแบ่งดั้มพ์สำหรับอ้อยสดรถตัด และอ้อยสดไว้ 2 แท่นจาก 5 แท่น เพื่อให้อ้อยจากรถตัดเทได้เร็วขึ้นและเดินทางกลับไปรับอ้อยได้มากกว่า 1 รอบต่อวัน ช่วงปี 2560-2561 โรงงานจะให้สิทธิอ้อยรถตัดและอ้อยสดเทก่อนอ้อยอื่น ซึ่งแตกต่างจากอดีตที่ผ่านมา โดยอ้อยรถตัดและอ้อยสดที่ยังต้องมารอเทตามลำดับเวลาในการเข้าลานในและอาจมีคิวแทรกจากรถพ่วงที่ต้องการทำรอบ

จากข้อมูลบันทึกการรับส่งอ้อยในช่วงตั้งแต่ปี 2559-2561 เพื่อสำรวจเวลารอคอยจากระบบการเทอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งแบ่งตามหมายเลขดั้มพ์ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เวลารอคอยเฉลี่ยในแต่ละดัมพ์ของแต่ละเดือน

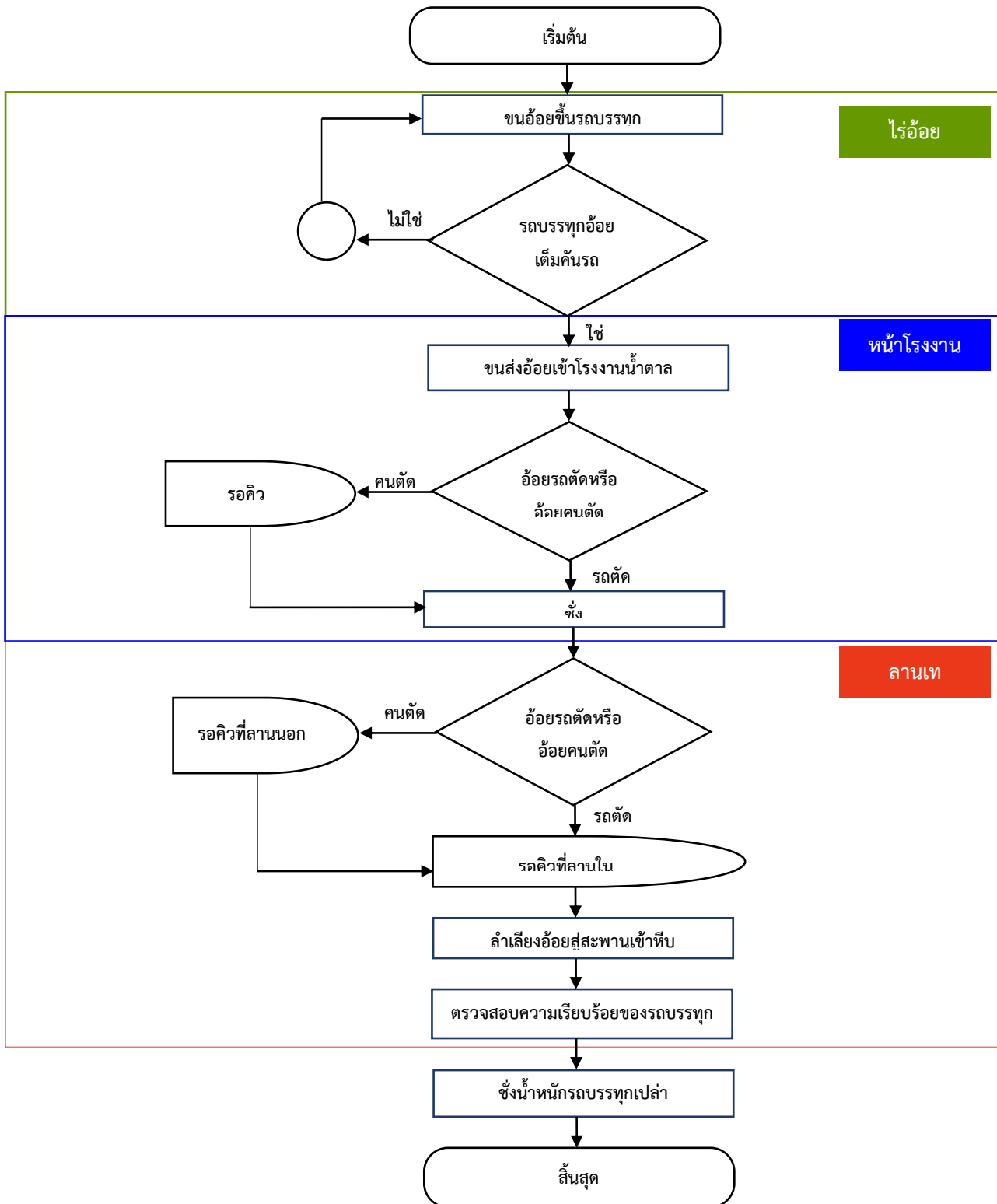
หมายเลข ดัมพ์	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาท)								
	ช่วงปี 2559-2560				ช่วงปี 2560-2561				
	ธ.ค/59	ม.ค/60	ก.พ/60	มี.ค/60	ธ.ค/60	ม.ค/61	ก.พ/61	มี.ค/61	เม.ษ/61
1	97.85	105.03	103.17	113.20	114.85	103.56	104.21	114.54	108.98
2	115.46	131.06	113.94	119.07	128.20	116.09	126.03	135.14	124.36
3	165.46	182.33	156.47	150.20	184.25	157.68	169.76	171.21	146.76
4	167.25	183.60	157.88	152.11	185.75	158.42	171.71	173.04	150.24
5	169.61	185.38	159.24	153.32	187.09	159.86	171.60	174.78	155.61

จากตารางที่ 2.2 พบว่า ดัมพ์หมายเลข 1 กับหมายเลข 2 จะมีเวลารอคอยเฉลี่ยน้อยกว่าดัมพ์หมายเลขอื่นๆ โดยในช่วงปี 2559 -2560 เวลารอคอยเฉลี่ยรวมของดัมพ์หมายเลข 1 ประมาณ 105 นาท ส่วนในช่วงปี 2560 -2561 เวลารอคอยเฉลี่ยรวมของดัมพ์หมายเลข 1 ประมาณ 109 นาท ซึ่งดัมพ์หมายเลข 1 กับหมายเลข 2 เป็นดัมพ์ที่ให้อ้อยรถตัดเข้าในดัมพ์ดังกล่าวก่อนเป็นกรณีพิเศษ

เมื่อเจ้าหน้าที่เรียกหมายเลขคิวที่เป็นหมายเลขของรถบรรทุกคันใด รถบรรทุกนั้นก็เตรียมตัวเพื่อเข้าชั่งน้ำหนักรถ ซึ่งเป็นน้ำหนักรวมของอ้อยกับรถบรรทุก จากนั้นก็จะไปรอคิวเข้าไปที่ช่องเทอ้อยเพื่อเทอ้อยลงสู่สายพาน โดยที่ช่องเทอ้อยจะยกขึ้นข้างหนึ่งเพื่อยกหน้ารถให้สูงขึ้นทำให้ท้ายรถสามารถเทอ้อยลงสู่สายพานได้ โดยทางโรงงานน้ำตาลได้ติดตั้งตะกาวเพื่อช่วยในการโกยอ้อยลงจากรถบรรทุก เมื่อเทอ้อยลงสายพานหมดแล้วรถบรรทุกจะวิ่งมาที่เครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อที่คนขับจะได้เอาอ้อยที่ยังติดค้างอยู่บนรถบรรทุกออกจากรถให้หมดซึ่งแสดงดังภาพที่ 2.7 หลังจากนั้นจะขับรถบรรทุกมาที่เครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อชั่งน้ำหนักรถเปล่า เพื่อนำมาคำนวณหาน้ำหนักอ้อยที่รถบรรทุกขนมาในเที่ยวนั้น จากนั้นรถบรรทุกจะวิ่งกลับไปยังไร่อ้อยขนอ้อยในเที่ยวต่อไป โดยกระบวนการขนส่งอ้อยจากแปลงสู่โรงงานแสดงผังงาน (Flow Chart) ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.7 รถบรรทุกกำลังเข้าแท่นเทอ้อย



ภาพที่ 2.8 ผังงานกระบวนการขนส่งอ้อยจากแปลงสู่โรงงานน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1
ที่มา: จากการสัมภาษณ์

2.4) การจัดลำดับในการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการการผลิต

การผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 จะต้องคำนึงถึงกำลังการผลิตโรงงานว่าต้องมีอ้อยหีบตลอด 24 ชั่วโมงในแต่ละวัน โดยโรงงานน้ำตาลจะรับอ้อยเข้าหีบตามกำลังการผลิตของโรงงาน ดังนั้นโรงงานน้ำตาลจึงมีการจัดระบบคิวในการนำอ้อยเข้าหีบขึ้น ซึ่งในช่วงต้นและช่วงปลายฤดูกาลหีบอ้อย จะมีปริมาณอ้อยเข้าหีบน้อย ทางโรงงานน้ำตาลจะไม่ได้มีการจัดลำดับคิวในการเข้าชั่งน้ำหนัก แต่ในช่วงกลางฤดูหีบอ้อยจะมีปริมาณรถบรรทุกที่ทำงานขนส่งอ้อยเข้ามายังโรงงานน้ำตาลจำนวนมากกว่าอัตรากำลังการหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล ดังนั้นจึงเกิดปรากฏการณ์ที่มีรถบรรทุกจอดรอคิวในการเข้าชั่งน้ำหนักเพื่อนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้ในช่วงกลางฤดูกาลหีบอ้อย ทางโรงงานจะเป็นผู้ดำเนินการในการจัดลำดับรถบรรทุกอ้อยเพื่อเข้าชั่งน้ำหนักและนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต

2.3.2 โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

1) ข้อมูลทั่วไป

โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ตั้งอยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีกำลังหีบอ้อยต่อวัน 24,000 ตัน ต่อวัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

รายการ	ข้อมูลรายละเอียด
กำลังการหีบต่อวัน (ตัน)	24,000
จำนวนดัมพ์ (แท่น)	10
จำนวนรถตัดของโรงงาน (คัน)	3
ชนิดของรถบรรทุก	10 ล้อ และ 18 ล้อ
จำนวนลาน	4 ลาน (ลานนอกรถเล็ก ลานนอกรถบรรทุก ลานในรถเล็ก และลานในรถพ่วง)
ระบบคิว	คิวเสรี โดยจะมีการกำหนดดัมพ์สำหรับตามขนาดรถ โดยรถพ่วงจะได้ดัมพ์เบอร์ 10

2) กระบวนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

กระบวนการขนส่งออกและการจัดส่งไปยังโรงงานน้ำตาลเป็นกระบวนการทางโลจิสติกส์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งกิจกรรมต่างๆ มีเป็นจำนวนมาก เช่น การตัดอ้อย การลำเลียงอ้อยขึ้นรถ การขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล การรับอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต เป็นต้น โดยในส่วนของกระบวนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) รูปแบบการขนส่งอ้อย

ระบบการขนส่งอ้อยมี 2 แบบ คือขนส่งเข้าโรงงานโดยตรง และขนส่งผ่านสถานีขนถ่ายรับส่ง ระบบการขนส่งโดยตรงคือรับบรรทุกจะรับอ้อยจากแปลงและวิ่งเข้ามาส่งที่โรงงานเลยข้อดีของระบบนี้คือ จะมีระยะทางที่วิ่งเข้าโรงงานสั้นกว่า และรถจะไม่ต้องจอดรอเปลี่ยนถ่าย หรือเทอ้อย (Double Handling) แต่มีข้อจำกัดคือรถต้องมีขนาดใหญ่และมีปริมาณอ้อยในรถเต็มขนาดบรรทุก (Full Truck Load) เพื่อให้มีต้นทุนในขนส่งต่อตันอ้อยต่ำ รถขนส่งต้องมีสภาพดีสามารถวิ่งบนทางหลวงได้ด้วยความเร็วที่ไม่ต่ำกว่ากฎหมายกำหนด ในกรณีที่ไม่สามารถทำได้ตามข้อแนะนำข้างต้น ยกตัวอย่างเช่น กรณีมีอ้อยน้อยหรือรถมีขนาดเล็กและความเร็วต่ำ ควรให้การขนส่งอ้อยในระบบที่ 2 คือการขนส่งผ่านสถานีขนถ่าย โดยสถานีขนถ่ายจะใช้รถแบคโฮยกอ้อยจากรถของชาวไร่ในแปลงใกล้เคียงถ่ายลงในรถบรรทุกคันใหญ่เพื่อขนส่งไปโรงงาน

2.2) ระบบคิว

โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ใช้ระบบคิวล๊อคกำหนดเพื่อให้ปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานในหนึ่งช่วงเวลามีค่าคงที่ใกล้เคียงกับกำลังการหีบ คิวล๊อคโดยจะแบ่งช่วงเวลาเรียกเป็นรอบ 1 รอบประกอบด้วย 5 คิวเตอร์ คิวเตอร์ละ 6 ชั่วโมง โดยในหนึ่งฤดูกาลเก็บเกี่ยวจะเรียกอ้อยเข้า 100 รอบ ชาวไร่จะได้รับบัตรคิวให้นำอ้อยเข้ามาเทตามปริมาณอ้อยที่กำหนด และขนาดรถบรรทุกที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีอ้อยจำนวน 30,000 ตัน มีรถบรรทุกขนาด 15 ตัน จะได้รับบัตรคิว 2 บัตรคิวซึ่งหมายถึงต้องส่งอ้อย 2 ครั้งในหนึ่งรอบ

ทั้งนี้โรงงานมีลานในบริเวณโรงงาน 4 ลาน แบ่งเป็น ลานนอกรถเล็ก (ขนาด 20,600 ตารางเมตร หรือ 12.88 ไร่) ลานนอกรถบรรทุก (ขนาด 34,200 ตารางเมตร หรือ 21.38 ไร่) ลานในรถเล็ก (ขนาด 10,000 ตารางเมตร หรือ 6.25 ไร่) และ ลานในรถพ่วง (ขนาด 8,000 ตารางเมตร หรือ 5 ไร่) ดังภาพที่ 2.9



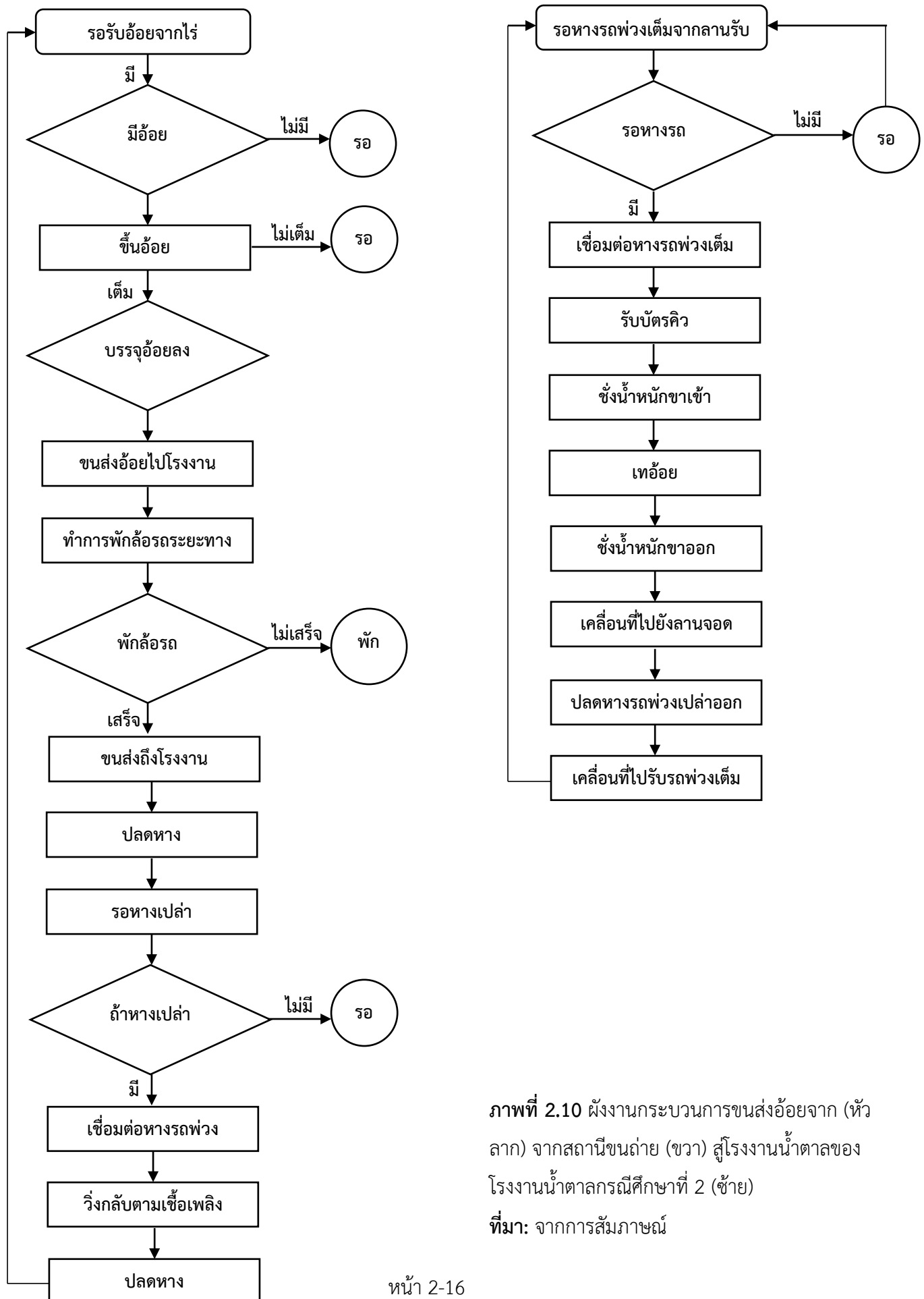
ภาพที่ 2.9 แผนที่ลานจอดรถขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 2

ที่มา: Google Map (2018)

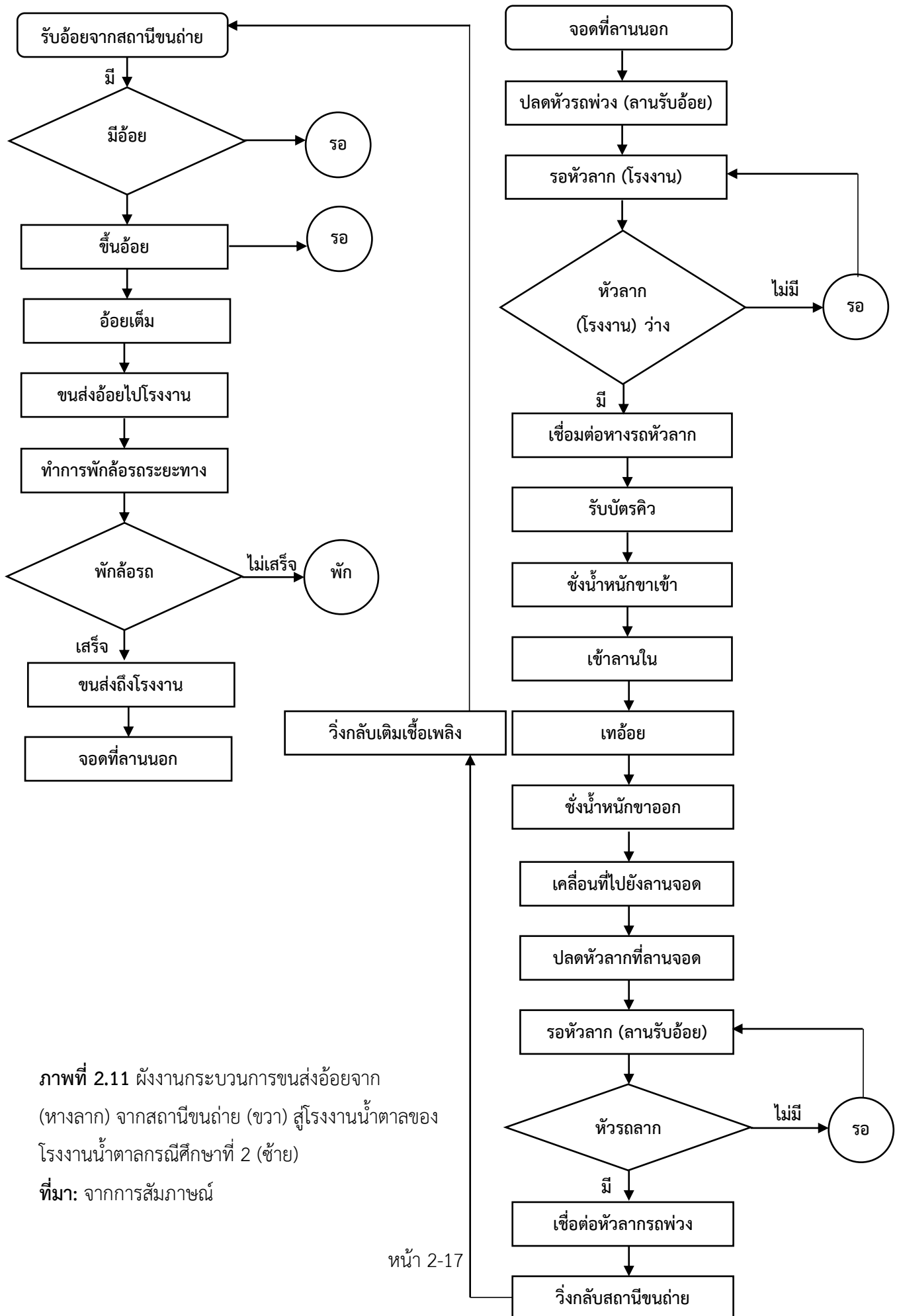
2.3) รูปแบบการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายสู่โรงงานน้ำตาล

โรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 2 ต้องการทดลองใช้ระบบการขนส่งอ้อยด้วยรถพ่วงขนาด 35 ตัน โดยได้ว่าจ้างผู้รับเหมารายหนึ่งให้รับผิดชอบขนอ้อยจากสถานีขนถ่าย 3 สถานีหลักด้วยกันคือ 1) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 18 2) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 19 และ 3) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 20 โดยสถานีขนถ่ายทั้งสามมีระยะทางห่างจากโรงงาน 152, 179 และ 176 กิโลเมตรตามลำดับ สถานีขนส่งอ้อยดังกล่าวทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางของการรับอ้อยจากแปลงบริเวณใกล้เคียง พาหนะสำหรับขนส่งคือรถพ่วงซึ่งประกอบด้วยหัวลาก และหางพ่วงที่สามารถขนส่งอ้อยได้ประมาณ 30-35 ตัน ที่ระดับความสูงไม่เกิน 3.80 เมตร ผู้รับเหมารายนี้มีรถจำนวน 16 คัน ขนาด 360 แรงม้า จำนวน 7 คัน 290 แรงม้า 1 คัน และ 260 แรงม้า 8 คัน รถทุกคันใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) เป็นเชื้อเพลิง โดยผู้รับเหมามีอ้อยที่ต้องส่งจำนวน 60,000 ตัน ถ้ากรณีที่ขนาดบรรทุก 35 ตัน และจำนวนรอบเท่ากับ 100 รอบ จำนวนบัตริควหรือจำนวนรอบที่ผู้รับเหมาต้องส่งคือ $60,000 \div (35 \div 100)$ นั่นคือประมาณ 17 คันต่อรอบ

ทั้งนี้กระบวนการขนส่งอ้อยจากแปลงสู่โรงงานแสดงผังงาน (Flow Chart) การขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายไปลาน และจากโรงงานไปยังสถานีขนถ่ายดังภาพที่ 2.10 และ 2.11



ภาพที่ 2.10 ผังงานกระบวนการขนส่งอ้อยจาก (หัว
ลาก) จากสถานีขนถ่าย (ขวา) สู่วางานน้ำตาลของ
โรงงานน้ำตาลกรณีสึกษาที่ 2 (ซ้าย)
ที่มา: จากการสัมภาษณ์



ภาพที่ 2.11 ผังงานกระบวนการขนส่งอ้อยจาก (ทางลาก) จากสถานีขนถ่าย (ขวา) สู่วางงานน้ำตาลของ โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 (ซ้าย)

ที่มา: จากการสัมภาษณ์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย

เขมฐา (2547) ศึกษาการจัดสรรรถบรรทุกในเขตพื้นที่เพื่อใช้ในการขนส่งอ้อยจากแปลงปลูกมายังโรงงานน้ำตาล เนื่องจากค่าใช้จ่ายของรถบรรทุกที่เกิดขึ้นจะเพิ่มตามระยะเวลาการรอคอยของรถบรรทุกก่อนเทอ้อยในโรงงานน้ำตาล การศึกษาจึงจำลองรูปแบบทางคณิตศาสตร์ 2 รูปแบบ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดสำหรับการจัดสรรรถบรรทุกในการขนส่งอ้อย โดยรูปแบบที่ 1 ช่วยในการตัดสินใจเรื่องจำนวนรอบสูงสุดของรถบรรทุกแต่ละคัน และรูปแบบที่ 2 ช่วยในการตัดสินใจเรื่องระยะเวลาของการเปิดฤดูกาลหีบอ้อย และมีการพัฒนาเจนเนติกอัลกอริทึม 2 รูปแบบเพื่อเปรียบเทียบกับเจนเนติกอัลกอริทึมแบบธรรมดา และเจนเนติกอัลกอริทึมแบบโครโมโซมด้วยการถ่วงน้ำหนัก โดยผลการศึกษา พบว่าเจนเนติกอัลกอริทึมแบบโครโมโซมด้วยการถ่วงน้ำหนักลดเวลาการคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการศึกษาวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการจัดสรรรถบรรทุก ซึ่งนำเสนอฮิวริสติกแบบพลวัต รวมทั้งฮิวริสติกแบบถ่วงน้ำหนักในแบบต่างๆ ผลการศึกษากการถ่วงน้ำหนักที่ปริมาณอ้อยให้ผลการศึกษาที่ดีที่สุด วิธีการวิจัยเหล่านี้ เป็นการแสดงถึงวิธีการที่หลากหลายสำหรับการจัดสรรรถบรรทุกในสถานการณ์จริง สำนักงานเศรษฐกิจเขต 4 กรมวิชาการเกษตร (2557) ได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนผันแปร และคงที่จากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคนตัดด้วยรถตัดของตัวเอง และตัดด้วยการเช่ารถตัด ผลการสำรวจชี้แนะว่าการใช้รถตัดอ้อยมีข้อได้เปรียบในเรื่องคุณภาพของอ้อยที่ดีกว่า และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่า เนื่องจากชาวไร่สามารถใช้รถตัดอ้อยได้โดยไม่ต้องเผา แต่ข้อเสียคือต้นทุนที่สูงกว่าจากราคารถตัด ค่าเชื้อเพลิง และการบำรุงรักษา ดังนั้นหน่วยงานของภาครัฐควรให้การสนับสนุนการผลิตรถตัดภายในประเทศ และทำการจัดการรถตัดเพื่อให้เกษตรกรที่มีเงินทุน และพื้นที่เพาะปลูกน้อยได้เข้าตัด จึงจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้กล่าวถึงประสิทธิภาพการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณต้นทุนของการตัดอ้อย Grunow et al. (2007) ศึกษาการส่งมอบอ้อยอย่างสม่ำเสมอให้กับโรงงานน้ำตาล ขณะที่ต้นทุนการผลิตมีความแปรผันเล็กน้อย ภายใต้การรักษาไว้ของคุณภาพวัตถุดิบ คือ การลดการสูญเสียปริมาณน้ำตาลซูโครสในอ้อย โดยแบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ การวางแผนการปลูกอ้อย ให้อ้อยเพียงพอต่อการเก็บเกี่ยว รูปแบบการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยคนและเครื่องจักรและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล โดยการศึกษาของทั้ง 3 ส่วน ใช้โปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม ในการออกแบบตัวแบบที่เหมาะสมต่อสภาวะการทำงาน Keawtrakulpong et al. (2007) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดหารถตัดอ้อยและรถบรรทุกสำหรับแปลงอ้อยที่สามารถสร้างผลกำไรเพื่อลดจำนวนวัน ระยะทาง และเวลาที่อ้อยจะเสียคุณภาพให้เหลือน้อยที่สุด แต่แบบจำลองขาดความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกและเวลารอหน้าโรงงาน Piewthongngam et al. (2009) สร้างขั้นตอนวิธีในการหาความสมดุลระหว่างปริมาณอ้อยที่ตัดได้ในแต่ละวันกับความสามารถในการหีบอ้อยของ

โรงงานตลอดฤดูกาลเก็บเกี่ยว แบบจำลองที่ได้ถูกนำมาหาค่าในช่วงเวลาการปลูกอ้อยและเก็บเกี่ยวอ้อยภายในพื้นที่การปลูกที่เตรียมไว้เพื่อให้ได้ปริมาณอ้อยเข้าโรงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้อ้อยเข้าโรงงานในปริมาณที่มากที่สุด Supsomboon and Niemsakul (2014) ใช้โปรแกรมเชิงเส้นในการวางแผนการปลูกและการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยอัตราการอยู่รอดของต้นอ้อย เนื่องจากประเทศไทยประสบปัญหาในเรื่องอัตราความต้องการ (Demand) และอัตราการตอบสนอง (Supply) ของอุตสาหกรรมอ้อยที่ขาดความสมดุล ภายใต้การมีกลุ่มเกษตรกรหลายราย โดยปัจจัยอื่นๆที่ถูกนำมาพิจารณา ได้แก่ ขนาดของแปลงปลูกอ้อย ชนิดพันธุ์ของอ้อย ชีตความสามารถการเก็บเกี่ยวและการติดต่อในการขนส่งอ้อยระหว่างเกษตรกรกับโรงงานน้ำตาล ตัวแบบที่สร้างขึ้นได้ใช้ระดับความหวานทางการค้า (Commercial Cane Sugar) เป็นฟังก์ชันเป้าหมาย ดนัยพงศ์และคณะ (2559) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการอ้อยทั้งระบบ โดยใช้ฐานระบบฐานข้อมูล เพื่อการแผนการปลูก การเก็บเกี่ยวไปจนถึง ระบบบัญชีและการให้สินเชื่อแก่เกษตรกร ในบทสรุปยังกล่าวว่าการบริหารงานในส่วนของการจัดการอ้อยเข้าโรงงานมีความซับซ้อนมากที่สุดและถ้าไม่สามารถป้อนอ้อยเข้าโรงงานได้อย่างต่อเนื่อง ประสิทธิภาพการทำงานของทั้งระบบก็จะลดลง วัชรชาญ (2555) ศึกษาศักยภาพการขนส่งอ้อยด้วยรถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์ เมื่อมีการนำมาใช้ในการขนส่งอ้อยไปยังโรงงาน โดยเปรียบเทียบกับการใช้รถบรรทุกสิบล้อในปัจจุบัน ซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่ชาวไร่อ้อยที่นำส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในกรณีศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการเก็บแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ แล้วนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ต่ำที่สุดจากการขนส่งอ้อยของรถบรรทุกสิบล้อและรถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ LINDO ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ไร่วางที่เลือกใช้รถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์ในการขนส่งอ้อยมีต้นทุนต่ำกว่ารถบรรทุกสิบล้อ มีจำนวนเที่ยววิ่งน้อยกว่า และรถแทรกเตอร์จะใช้เวลานานกว่ารถบรรทุกสิบล้อและในส่วนของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ต่ำที่สุดจากการขนส่งอ้อยของรถบรรทุกทั้งหมดที่มีการใช้งานในฤดูกาลเพาะปลูกอย่างเหมาะสม โดยใช้ซอฟต์แวร์ CPLEX ซึ่งผลการศึกษาพบว่า รถแทรกเตอร์มีค่าต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำกว่า แต่มีจำนวนรถในการขนส่งมากกว่า

การวางแผนการตัดอ้อยในวรรณกรรมข้างต้นขาดการหาความสัมพันธ์ของแถวคอยกับจำนวนรถขนส่งในระบบ ยกเว้นงานวิจัยของ Higgins (2007) แต่มีข้อจำกัดคือตัวพ่วงมีรอบการขนส่ง 1 รอบต่อวัน ซึ่งในความเป็นจริงการขนส่งด้วยรถบรรทุกควรทำได้มากกว่า 1 รอบต่อวัน ถ้าเวลาในการเดินทางและการรอที่แปลงหรือโรงงานมีระยะเวลาสั้น เช่น การขนส่งอ้อยจากแปลงที่อยู่ใกล้โรงงาน ระบบการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานในประเทศไทยใช้รถบรรทุกเป็นหลัก มีการจัดคิวรถบรรทุก 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ 1) ระบบการขนส่งอ้อยในปริมาณและเวลาที่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าตามสัญญาที่ทางชาวไร่ได้ทำไว้กับโรงงานอ้อย หรือเรียกว่า คิวล็อก 2) ส่วนระบบการขนส่งอ้อยที่ไม่มีการวางแผนนั้นเรียกว่า คิวเสรี ในระบบคิวเสรีรถจะเข้า

โรงงานในเวลาและปริมาณที่ไม่แน่นอน ถ้ารถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานแล้วไม่ได้รับการหีบโดยเร็วก็อาจจะเปลี่ยนใจไปส่งอ้อยให้โรงงานอื่นได้ พื้นที่ที่จะใช้ระบบคิวเสิร์ฟได้ต้องมีจำนวนโรงงานน้ำตาลใกล้เคียงกันหลายแห่ง และต้องมีกำลังการหีบที่มากพอกับความแปรปรวนของปริมาณอ้อยที่จะเข้ามาได้

ชนิดของรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง ตั้งแต่รถบรรทุกหกล้อ รถบรรทุกสิบล้อและ รถพ่วง 18 ล้อ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณการขนส่งและความเร็วในการเทอ้อย ระบบที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังเป็นรถบรรทุกซึ่งคนขับต้องเสียเวลาในการรอทั้งที่หน้าโรงงานก่อนเทอ้อยเข้าเครื่องหีบและที่แปลงอ้อยในกรณีมีรถบรรทุกคันอื่นกำลังรับอ้อยจากรถติดอยู่ ส่งผลให้พนักงานขับรถอาจขนส่งอ้อยไม่ได้ตามเป้าหมาย สูญเสียรายได้และแรงจูงใจในการทำงาน ซึ่งประเทศผู้ผลิตอ้อย เช่น ประเทศออสเตรเลียและประเทศคิวบา มีการใช้รถพ่วงในสัดส่วนที่มากกว่ารถบรรทุก Pernase et al. (2012) และ Diaz and Perez (2000) ในขณะที่ประเทศไทยกำลังเปลี่ยนแปลงวิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยจากแรงงานคนมาเป็นเครื่องจักร การวิเคราะห์จัดการระบบจัดส่งที่เหมาะสมจึงจำเป็นที่จะต้องมียุคเครื่องมือที่มีความแม่นยำ เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการและเกษตรกรได้ประเมินความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์จากการเปลี่ยนระบบ หรือเครื่องมือในการเก็บเกี่ยวได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับความต้องการ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสถานการณ์ของการขนส่งอ้อย

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งรถตัดอ้อย ได้แก่ การศึกษาโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมน้ำตาลในสาธารณรัฐแอฟริกาใต้โดย Perry and Wynne (2004) ได้ระบุปัญหา 2 ลักษณะ ได้แก่ การขาดประสิทธิภาพเฉพาะส่วน (Individual Inefficiencies) ซึ่งอาจเกิดจากเทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสมและการจัดการของแต่ละส่วนในโซ่อุปทานที่ขาดประสิทธิภาพแบบสะสม (Collective Inefficiencies) ซึ่งเกิดจากการขาดความร่วมมือกันของแต่ละภาคส่วน โปรแกรมการปรับปรุงระบบโลจิสติกของน้ำตาลได้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโซ่อุปทาน อย่างไรก็ตามโมเดลยังขาดความถูกต้องของรอบการขนส่งโดยใช้วิธีประมาณจำนวนรอบด้วยการหารเวลาที่ใช้ต่อรอบการขนส่งด้วยจำนวนรถบรรทุกและไม่ได้คำนึงถึงลำดับก่อนหลังของการมาถึงของรถบรรทุกหน้าโรงงาน Diaz and Pérez (2000) ศึกษาแบบจำลองการขนส่งอ้อยทางถนนในประเทศคิวบาโดยงานวิจัยศึกษาการตัดสินใจเรื่องทรัพยากรและการจำลองสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้โปรแกรม ARENA เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอ้อยและจำนวนรถบรรทุกและรถลาก เพื่อให้ได้ปริมาณอ้อยที่กำหนด โดยมีปริมาณอ้อยและเวลาในการขนส่งต่อรอบเป็นตัวแปร แต่งานวิจัยไม่ได้ให้รายละเอียดของการจัดจำนวนรถบรรทุกหรือรถลากต่อแปลงอ้อย อีกทั้งไม่ได้ให้รายละเอียดของจำนวนและความแตกต่างระหว่างแปลงอ้อย Vorasayan and Pathumnakul (2014) ศึกษาแบบจำลองโลจิสติกส์ที่เหมาะสมสำหรับการจัด

รถบรรทุกในการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดในประเทศไทย ด้วยวิธีการนำข้อมูลจากการสำรวจการตัดอ้อยด้วยรถตัดมาวิเคราะห์ความถดถอยแบบเส้นโค้ง ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแปลง ความหนาแน่นอ้อย ต่ออัตราการใช้งานของรถตัดและเวลาในการเติมอ้อยจนเต็มคันรถ การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อให้รถตัดอ้อยสามารถตัดอ้อยได้ปริมาณตามความต้องการโดยมีต้นทุนน้อยที่สุด เสนอตัวแบบในการหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมต่อรถตัดอ้อยหนึ่งคัน ด้วยข้อแม้นในด้านจำนวนรอบการขนส่งอ้อยของรถบรรทุกแต่ละคันและการจัดการเวลาที่รถบรรทุกอยู่ในโรงงานน้ำตาล แต่ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนรถบรรทุกต่อเวลาในการรอที่เกิดขึ้นที่หน้าโรงงานและแปลงอ้อย Neungmatcha et al. (2013) พิจารณาสถานีขนถ่ายอ้อยที่มีความสำคัญต่อกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็กที่มีระยะห่างจากแปลงปลูกกับโรงงานน้ำตาลมากกว่า 30 กิโลเมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนการขนส่งและการขนถ่ายอ้อยจากแปลงปลูกไปยังสถานีขนถ่ายอ้อยและจากสถานีขนถ่ายอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล โดยพิจารณาจำนวนสถานีขนถ่ายอ้อย จำนวนตัวขนถ่ายอ้อยในแต่ละสถานีและจำนวนแปลงอ้อยที่เหมาะสมที่จะสามารถส่งมอบอ้อยให้กับโรงงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งใช้โปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม ในการจัดการกับปัญหาขนาดเล็ก (น้อยกว่า 300 แปลง) และ ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือ DSS (Decision Support System) ร่วมกับ GIS (Geographic Information System) ในการจัดการกับปัญหาขนาดใหญ่บนพื้นฐานของการนำเสนอวิธีการและ AGA (Adaptive Genetic Algorithm) ซึ่งผลการศึกษา AGA ถูกนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม GA (Genetic Algorithm) แบบเก่าและแบบแผนการปฏิบัติของโรงงานน้ำตาล อีกทั้ง AGA ยังสามารถช่วยลดต้นทุนและสร้างการจัดการที่มีประสิทธิภาพของระบบการส่งมอบอ้อยได้ Vorasayan (2015) ได้นำวิธีการ Mean Value Analysis เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกในระบบ โดยสมมติให้ระบบการขนส่งอ้อยเป็นระบบแถวคอยแบบปิด (Closed Queuing Network) อย่างไรก็ตาม สมมติฐานของแบบจำลองคือการวัดผลต้องอยู่ในช่วงเวลาเสถียรโดยระบบต้องมีการขนส่ง ภูมิภักดิ์ (2559) วิเคราะห์การตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากรในการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบระบบขนส่งแบบเดิมกับระบบขนส่งแบบใหม่ด้วยโปรแกรมสร้างแบบจำลอง Arena เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหสำหรับเวลาที่สูญเสียในขณะขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล พร้อมทั้งการจัดสรรรถบรรทุกให้เหมาะสมต่อเครื่องตัดอ้อย เมื่อสร้างแบบจำลองในการขนส่งแบบเดิมที่มีรถตัดอ้อย 1 เครื่อง กับรถบรรทุกกับการขนส่งแบบใหม่ที่มี รถตัด 1 เครื่อง รถแทรกเตอร์ กระบะขนอ้อย และรถบรรทุกโดยการเปรียบเทียบความหนาแน่นของอ้อยระหว่าง 10 กับ 15 ต้นต่อ 2/5 เอเคอร์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ในทุกความหนาแน่นอ้อยในระบบการขนส่งแบบใหม่มีจำนวนอ้อยมากกว่าระบบการขนส่งแบบเดิม และมีการใช้จำนวนรถบรรทุกน้อยกว่า

2.5 แนวคิดและทฤษฎีของตัวแบบทางคณิตศาสตร์

สมพล (2544) ได้ให้ความหมายของตัวแบบคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) คือ ตัวแบบที่มีลักษณะเป็นสมการหรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้คณิตศาสตร์ ตัวแปรต่างๆ แทนองค์ประกอบหรือปัจจัยของระบบหรือปัญหาที่ต้องการศึกษา โดยตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับวิธีเชิงปริมาณมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบก็เหมาะสมสำหรับการแก้ไขปัญหาเฉพาะอย่าง โดยตัวแบบคณิตศาสตร์อาจจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) ตัวแบบตามสภาพที่แน่นอน (Deterministic Model) หมายถึง ตัวแบบที่สามารถกำหนดค่าของตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ของตัวแปรได้อย่างแน่นอน ยกตัวอย่างเช่น ระบบปฏิบัติงานหนึ่งกระบวนการจะมีผลลัพธ์ออกมาทุกงานใช้เวลา 15 วินาที หรือตัวแบบทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายและค่าใช้จ่ายเป็นไปตามการประมาณการ

2) ตัวแบบตามสภาพที่ไม่แน่นอน (Stochastic Model) หมายถึง ตัวแบบที่สร้างขึ้นภายใต้เงื่อนไขของความไม่แน่นอนของค่าตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ของตัวแบบ ยกตัวอย่างเช่น ตัวแบบงบประมาณทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายและค่าใช้จ่ายมีคุณลักษณะมีการแจกแจง ดังนั้นกำไรแต่ละเดือนจะมีค่าไม่แน่นอน แต่อย่างไรก็ดีการจำลองตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้สามารถประเมินความเสี่ยงเป็นตัวเลขได้ เช่น โอกาสที่บริษัทจะทำกำไร 40% เท่ากับ 75% เป็นต้น

ดังนั้นตัวแบบคณิตศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบ ในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงโปรแกรมแบบฮิวริสติกส์ ซึ่งมักใช้สำหรับจำลองการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (สุทธิมา, 2551)

2.5.1 โปรแกรมแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic Programming)

โปรแกรมแบบฮิวริสติกส์ เป็นวิธีการที่ใช้ฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ หรือดีเพียงพอของปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยอาจเป็นลักษณะเชิงปริมาณ หรือเชิงคุณภาพ ซึ่งมีบทบาทในการจัดการความรู้ในระบบ ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ฮิวริสติกส์มีความเกี่ยวข้องกับ การค้นคว้า การเรียนรู้ การประเมินค่า การตัดสินใจแบบซ้ำๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ในวิธีการที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ โดยวิธีฮิวริสติกส์อาจทำให้เกิดผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจได้รวดเร็ว เพราะเป็นการทดลองหากฎโดยใช้ วิจารณ์ญาณจากผู้เชี่ยวชาญ หรือการลองผิดลองถูกของผู้ตัดสินใจ โดยไม่มีทฤษฎีใดมารองรับ (ปวีณวัช, 2559.)

นอกจากนี้วิธีการของฮิวริสติกส์ ไม่จำเป็นต้องดำเนินการตามที่วางไว้ อาจมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการการค้นคว้า การเรียนรู้ การประเมินค่า และการตัดสินใจ โดยกระบวนการการค้นคว้า การ

เรียนรู้ และการประเมินค่า ที่กระทำซ้ำๆ เพื่อนำไปสู่วิธีการอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถรับผลความสำเร็จได้จากผลสะท้อน (Feedback) ที่มีกลับมา และแก้ไขกระบวนการใหม่ให้ดีขึ้น โดยสถานการณ์ที่เหมาะสมต่อการใช้อีวิริสติกส์มีดังต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลนำเข้ามีความไม่แน่นอน หรือ มีข้อจำกัด
- 2) ระบบมีความซับซ้อนจนวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) ไม่สามารถนำมาใช้ได้
- 3) ไม่มีวิธีการใดๆที่น่าเชื่อถือ ที่จะสามารถนำมาใช้ได้
- 4) ใช้เวลาในการคำนวณโดยวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่มากเกินไป
- 5) มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงกระบวนการ สำหรับการหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด แล้วรวมการใช้อีวิริสติกส์ กับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้
- 6) ความซับซ้อนของปัญหา ทำให้ไม่เกิดความคุ้มค่าในการใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม หรือเป็นปัญหาที่ใช้เวลานาน
- 7) เมื่อมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสัญลักษณ์ (Symbolic) มากกว่าตัวเลข (Numerical)
- 8) เมื่อมีเวลาไม่มากสำหรับการตัดสินใจ โดยไร้เครื่องช่วยคำนวณ หรือเครื่องมือประมวลผลมาช่วย

2.6 แนวคิดและทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

จำลองสถานการณ์ คือ แบบจำลองที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งมีแนวทางแก้ไขด้วยการสุ่มค่าจากการแจกแจงความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ จากนิยามที่แตกต่างกัน ทำให้ทราบว่าแบบจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจกันมาก เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินธุรกิจปัจจุบัน มีความซับซ้อนสูง ต้องอาศัยการสุ่มค่าการตัดสินใจ อีกทั้งยังอยู่ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่มีความแน่นอนและความเสี่ยง กล่าวคือ ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง จึงยากต่อการอธิบายและแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเพื่อการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) หรือแบบจำลองที่ใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ เช่น การโปรแกรมเชิงเส้น เป็นต้น (ธัญญาลักษณ์, 2555)

ก่อนการจำลองสถานการณ์ ต้องมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ที่ถูกสร้างขึ้นจากผู้ที่มีความเข้าใจในปัญหาเป็นอย่างดี เนื่องจากการจำลองจะนำไปสู่การค้นหาคำตอบ ผู้สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีความรู้ความเข้าใจในปัญหาจะสามารถวิเคราะห์ความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากการจำลองได้

2.6.1 ลักษณะองค์ประกอบของการจำลอง

การสร้าง และการออกแบบการจำลองสถานการณ์ ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามขององค์ประกอบภายในตัวแบบการจำลอง (พีระยุทธ์, 2535) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ระบบ (System) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบต่างๆ เช่น คน ชี้นำงาน ทรัพยากร และสภาพแวดล้อม ซึ่งถูกใช้ร่วมกันเพื่อดำเนินกิจกรรมหนึ่งให้บรรลุเป้าหมาย
- 2) สภาพแวดล้อมของระบบ (System Environment) หมายถึง ผลกระทบต่างๆ ที่เป็นไปได้ซึ่งมีผลทำให้ผลลัพธ์การทำงานของระบบเปลี่ยนไป
- 3) เอนทิตี (Entity) หมายถึง องค์ประกอบหนึ่งในระบบ หรือ เป็นตัวแปรที่สนใจจะศึกษาพฤติกรรม
- 4) แอตทริบิวต์ (Attribute) หมายถึง คุณสมบัติของแต่ละเอนทิตี
- 5) กิจกรรม (Activity) หมายถึง ช่วงคาบเวลาที่นับได้ค่าหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการดำเนินกิจกรรมใดๆ
- 6) ตัวแปรสถานะ (State Variables) หมายถึง ชุดของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ ซึ่งใช้อธิบายการทำงานของระบบที่เวลาใดๆ
- 7) เหตุการณ์ (Event) หมายถึง ชุดของเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีผลต่อตัวแปรสถานะ
- 8) ตัวแบบ (Model) หมายถึง ตัวบ่งบอกลักษณะหรือพฤติกรรมของระบบ หรือ ปัญหาที่กำลังทำการศึกษา

2.6.2 ชนิดของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ มักอยู่ในรูปเชิงคณิตศาสตร์ ใช้แทนลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น โดยลักษณะปัญหาเหล่านั้น สามารถจำแนกการจำลองได้ดังต่อไปนี้ (กฤษณะ, 2548)

- 1) แบบจำลองคงที่ (Static Simulation) หรือ บางครั้งเรียกว่า Monte Carlo Simulation หมายถึง การจำลองปัญหาที่จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง
- 2) แบบจำลองเคลื่อนไหว (Dynamic Simulation) หมายถึง การจำลองปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

3) แบบจำลองแบบระบบแน่นอน (Deterministic Simulation) หมายถึง การจำลองปัญหาที่มีข้อมูลนำเข้าที่มีค่าแน่นอน

4) แบบจำลองแบบระบบไม่แน่นอน (Stochastic Simulation) หมายถึง การจำลองปัญหาที่มีข้อมูลนำเข้าที่มีค่าไม่แน่นอน

5) แบบจำลองระบบงานไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) หมายถึง การจำลองปัญหาที่มีค่าพารามิเตอร์ หรือ ระบบงานที่การเปลี่ยนแปลงสภาพของระบบเป็นช่วงๆระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง

6) แบบจำลองระบบงานต่อเนื่อง (Continuous Event Simulation) หมายถึง การจำลองปัญหาที่มีลักษณะตรงข้ามกับแบบจำลองระบบงานไม่ต่อเนื่อง อาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรสถานะเป็นแบบต่อเนื่องตลอดเวลา

2.6.3 ข้อจำกัดของการจำลองสถานการณ์

แม้ว่าแบบจำลองสถานการณ์จะสามารถจำลองและหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองสถานการณ์ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ผู้ตัดสินใจควรรับทราบไว้ในเบื้องต้น ดังต่อไปนี้ (ธัญญลักษณ์, 2555)

- 1) ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นหนทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
- 2) บ่อยครั้งที่การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง อีกทั้งยังสิ้นเปลืองเวลาในการสร้างแบบจำลองมาก
- 3) แนวทางการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ โดยทั่วไปแล้วไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาอื่นๆ ได้ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ทราบว่า เหตุใดแบบจำลองสถานการณ์ จึงรวบรวมเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการแก้ไขเท่านั้น ส่วนปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องแบบจำลองสถานการณ์จะไม่นำมาประกอบการค้นหาผลลัพธ์
- 4) ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานได้ค่อนข้างยาก ดังนั้น ผู้ที่จะใช้ได้จะต้องมีทักษะความรู้โดยเฉพาะจึงจะสามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้

2.6.4 หลักการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในที่นี้ รวมถึงการสร้างแบบจำลองของระบบขึ้นมาจริง และกระทำการสร้างแล้วทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง ซึ่งการสร้างนั้นแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (ัญญาลักษณ์, 2555)

1) นิยามปัญหา (Problem Definition) เป็นขั้นตอนที่ผู้ตัดสินใจจะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้น และจัดแบ่งให้เป็นหมวดหมู่ นอกจากนี้ต้องมีการกำหนดขอบเขตของระบบ รวมทั้งจะต้องปรับให้รูปการของปัญหามีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2) สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model Construction) ขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดค่าตัวแปร และความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้น รวมถึงการรวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในขั้นตอนนี้ มักนำผังงาน (Flowchart) มาใช้เพื่ออธิบายกระบวนการ จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมตามผังงานที่สร้างขึ้น

3) ทดสอบและตรวจสอบความถูกต้อง (Model Testing and Validation) เนื่องจากแบบจำลองสถานการณ์ จะต้องถูกนำไปศึกษาแทนเหตุการณ์จริง ดังนั้นในขั้นตอนนี้ จะต้องทดสอบและค้นหาสิ่งผิดพลาดทั้งหมด เพื่อให้มั่นใจได้ว่า สามารถนำไปใช้แทนเหตุการณ์จริงได้อย่างสมบูรณ์

4) ออกแบบสถานการณ์เพื่อการทดลอง (Experimental Design) หลังจากที่แบบจำลองได้รับการพิสูจน์จากขั้นตอนที่แล้ว จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง เพื่อทำการจำลองสถานการณ์ขึ้น 3 กรณี ได้แก่ กรณี Best-case กรณี Worst-case และกรณี Median-case ซึ่งการทำเช่นนี้จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถกำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ใช้ในการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ได้ และยังช่วยในการแก้ไขจุดบกพร่องในแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างเสร็จแล้วด้วย

5) การควบคุมการทดลอง (Experimental Conduction) เป็นการทดลองใส่ค่าตัวแปรจริงๆ ในแบบจำลอง เพื่อแสดงสถานการณ์ต่างๆ ตามตัวแปรที่ทดลองเปลี่ยนไป และนำเสนอผลลัพธ์ออกมาให้เห็น

6) การประเมินผลลัพธ์จากการทดลอง (Result Evaluation) เข้าสู่ขั้นตอนการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งหากเป็นที่น่าสนใจ ก็จะนำไปใช้แก้ปัญหาทันที แต่ถ้าไม่พอใจ อาจเลือกย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 5 หรืออาจย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2 เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ใหม่อีกครั้ง

7) การนำไปใช้แก้ปัญหาจริง (Implementation) นำไปใช้ได้ เช่นเดียวกับแบบจำลองชนิดอื่นๆ แต่จะดีกว่าตรงที่ผู้บริหารนั้นสามารถเลือกดูสถานการณ์ต่างๆ ได้มากกว่า

2.7 การวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการขนส่ง

ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการขนส่งที่สำคัญมีดังนี้

2.7.1 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการคิดต้นทุนการขนส่งสินค้า

ในการผลิตบริการการขนส่ง ผู้ผลิตต้องรวมปัจจัยการผลิตต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อผลิตบริการขนส่งขึ้น ในการดำเนินงานนี้ ผู้ผลิตจะต้องจ่ายค่าชดเชยให้แก่เจ้าของปัจจัยการผลิตเป็นค่าใช้ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ค่าชดเชยที่ผู้ผลิตต้องจ่ายนี้เรียกว่า ต้นทุนการผลิต แม้ว่าในบางครั้งผู้ผลิตบริการขนส่งไม่ได้จ่ายค่าชดเชยในการใช้ปัจจัยการผลิตบริการขนส่งออกเป็นตัวเงินแต่ถือว่าผู้ผลิตซึ่งเป็นเจ้าของปัจจัยเองควรได้รับก็เป็นต้นทุนการผลิตเหมือนกัน ฉะนั้นต้นทุนการผลิตบริการขนส่งมีความหมายรวมถึง ค่าชดเชยซึ่งบรรดาเจ้าของปัจจัยในการผลิตบริการขนส่งจะได้รับจากผู้ผลิตบริการขนส่งเป็นค่าใช้ปัจจัยในการผลิตต่างๆ ที่ได้อำนวยความสะดวก ต้นทุนการผลิตมีความหมายกว้างกว่านี้โดยเอาค่าเสียโอกาส (Opportunity Costs) รวมเข้าไปด้วย ซึ่งค่าเสียโอกาส คือ ค่าชดเชยซึ่งเจ้าของปัจจัยต่างๆ ตลอดจนผู้ผลิตควรจะได้รับจากการผลิตสินค้าชนิดอื่น แต่ได้ยอมเสียสละ เพื่อนำปัจจัยดังกล่าวมาใช้ผลิตบริการขนส่งแทน ซึ่งได้ดำเนินการพิจารณาค่าใช้จ่ายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) กับต้นทุนผันแปร (Variable Costs) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (วัชรชาญ, 2555)

2.7.2 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

เป็นต้นทุนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ (Inescapable Cost) แม้จะไม่มีการใช้ยานพาหนะในการขนส่งก็ตาม ต้นทุนในส่วนนี้ประกอบไปด้วย ต้นทุนในการซื้อยานพาหนะในการขนส่ง ค่าป้ายทะเบียนและภาษี ค่าจ้างพนักงานขับรถ และค่าเบี้ยประกันภัยรายปี ซึ่งโดยปกติต้นทุนส่วนนี้จะขึ้นกับลักษณะของยานพาหนะในการขนส่งและการใช้ประโยชน์ได้เต็มที่หรือไม่ ส่วนมากจะคิดตามรายจ่ายเฉลี่ยต่อปี (Annual Cost)

1) ต้นทุนในการซื้อยานพาหนะในการขนส่ง (Vehicle Capital Cost) ค่าใช้จ่ายในต้นทุนส่วนนี้สามารถคำนวณได้จากมูลค่าของรถในแต่ละปีหรือในแต่ละเดือน ซึ่งจะรวมค่าเสื่อมและราคาดอกเบี้ยเข้าไปด้วยกันดังนี้

(1) ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) สามารถคำนวณหาค่าเสื่อมราคาแยกจากดอกเบี้ย ซึ่งคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line) เนื่องจากค่าเสื่อมราคา คือ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับตัวรถซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการใช้งาน มีหน่วย คือ บาทต่อปี

(2) ดอกเบี้ย (Interest Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากซื้อรถบรรทุกซึ่งการซื้อของเอกชนจะเป็นแบบผู้จำหน่ายรถจัดหาแหล่งเงินให้ แล้วให้ซื้อผ่อนชำระใช้เอง อัตราดอกเบี้ยของรถจะไม่ลดลงตามราคาค่าเสื่อมราคา โดยจะคิดจากเงินต้น การคำนวณค่าดอกเบี้ยมีหลักการเช่นเดียวกับการคำนวณราคาค่าเสื่อมราคาของรถขึ้นอยู่กับระยะทางวิ่งของรถ

(3) ค่าทะเบียนและค่าภาษี (Vehicle Registration Fees) ค่าทะเบียนรถจะชำระเพียงครั้งเดียวเท่านั้นคือตอนออกรถใหม่ สำหรับค่าภาษีจะต้องชำระทุกปีตามอัตราที่กรมการขนส่งทางบกกำหนด โดยค่าทะเบียนและค่าภาษีมียุทธวิธี คือ บาทต่อปี

(4) ค่าจ้างพนักงานขับรถ (Truck Driver Salaries and Allowance) เป็นค่าใช้จ่ายซึ่งประกอบไปด้วยเงินเดือนและเบี้ยเลี้ยง มีหน่วย คือ บาทต่อปี

(5) ค่าเบี้ยประกันภัยรายปี (Annual Insurance) มีหน่วย คือ บาทต่อปี

2.7.3 ต้นทุนผันแปร (Variable Costs)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนการบริการขนส่ง ถ้าผลิตบริการขนส่งมากต้นทุนชนิดนี้ก็มากด้วย ถ้าผลิตบริการขนส่งน้อยต้นทุนนี้ก็น้อย ถ้าไม่มีการบริการขนส่งเลยก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนส่วนนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนผันแปรมีอยู่หลายปัจจัย เช่น ความเร็วรถบรรทุก ระยะทางในการขนส่ง ต้นทุนผันแปรได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมบำรุง ค่าการสึกหรอของยาง เป็นต้น

(1) ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่หาได้จากนำค่าอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมัน (Fuel Consumption) คูณด้วยราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะนั้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันคือ ชนิดของผิวถนน สภาพการจราจร ความเร็วรถ และประเภทรถ มีหน่วย คือ บาทต่อตัน

(2) ค่าน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่หาได้จาก นำค่าอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง (Lubricating Oil Cost) คูณด้วยราคาน้ำมันหล่อลื่นในขณะนั้น มีหน่วย คือ บาทต่อตัน

(3) ค่าซ่อมบำรุง (Maintenance Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่รวมทั้งค่าแรงและค่าอะไหล่ โดยค่าซ่อมบำรุงสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

(3.1) ค่าซ่อมบำรุงตามปกติ (Routine Maintenance Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงตามปกติ ซึ่งเกิดจากการซ่อมและเปลี่ยนอะไหล่ขึ้นส่วนส่วนตามเวลา เช่น การเปลี่ยนคลัตช์ การเปลี่ยนเบรก การเปลี่ยนน้ำมันเกียร์ เป็นต้น มีหน่วย คือ บาทต่อปี

(3.2) ค่าซ่อมบำรุงพิเศษ (Periodic Maintenance Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นการซ่อมบำรุงครั้งใหญ่ เช่น การยกเครื่อง (Overhaul) ซึ่งเป็นการซ่อมหรือเปลี่ยนทั้งตัวรถ เครื่องยนต์ ช่วงล่าง หรือ ระบบไฟฟ้า มีหน่วย คือ บาทต่อปี

(4) ค่าการสึกหรอของยาง (Tire Cost) การสึกหรอของยางขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น น้ำหนักบรรทุก สภาพถนน เป็นต้น คือ บาทต่อตัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อย

1) นำเสนอแนวคิดในการจัดสรรรถตัดอ้อยและรถบรรทุกต่อภาคอุตสาหกรรมที่ บริษัท ไทยซูการ์ มิลเลอร์ (TSMC) เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะในการสร้างและปรับปรุงโปรแกรมเพื่อช่วยในการจัดสรรรถตัดอ้อยและรถบรรทุก

2) การเข้านำเสนอแนวคิดในการจัดสรรรถตัดอ้อยและรถบรรทุก สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบในการวางแผนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยจากโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ โดยเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในปัจจุบัน รวมถึงปัญหาที่ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามแผนที่วางไว้ กับโรงงานทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันตก และโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

3) การเข้าเก็บข้อมูลทุติยภูมิจากโรงงาน เกี่ยวกับข้อมูลรถตัด รถบรรทุก ขนาดแปลงอ้อยที่ใช้รถตัด เพื่อนำมาจัดทำฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้เป็นการสร้างแบบจำลองได้แก่

3.1) โรงงานน้ำตาล: ระยะเวลาในการรับบัตรคิวขังเทอ้อย ระยะทางระหว่างแปลงอ้อยถึงโรงงาน เวลาที่เริ่มทำงาน ระบบคิว แผนการตัดในแต่ละวัน

3.2) แปลงอ้อย: จำนวนกลุ่มเกษตรกร วิธีการตัดอ้อย ความยาวร่องอ้อย ระยะห่างระหว่างร่องอ้อย ความหนาแน่นอ้อย

3.3) รถตัด: จำนวนรถตัด ความเร็วในการตัดอ้อย ระยะเวลาในการเลี้ยว ชั่วโมงการทำงาน เวลาที่เริ่มทำงาน

3.4) รถบรรทุก: จำนวนรถบรรทุก ความเร็วในการเดินทางไปและกลับ ขนาดบรรจุ เวลาที่เริ่มทำงาน เวลาซึ่งเข้า เวลาซึ่งออก น้ำหนักอ้อย โควต้า ชนิดของอ้อย ช่องเท รูปแบบของการตัด

4) สร้างแบบจำลองและพัฒนาโปรแกรมที่สามารถคำนวณปริมาณอ้อยที่ตัดได้ และเวลาในการรอที่เกิดขึ้น

3.1.2 การนำไปใช้และการตรวจสอบแบบจำลองสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อย

- 1) จัดอบรมวิธีการใช้โปรแกรมให้ฝ่ายแผนการจัดส่งอ้อยของบริษัทน้ำตาล เพื่อการนำไปใช้
- 2) เปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยโปรแกรมกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลในอดีตหรือข้อมูลปัจจุบัน

3.1.3 การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับโรงงานตัวอย่าง

- 1) โปรแกรมแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำไปทดลองใช้เพื่อการวางแผนการจัดสรรตัดอ้อยและรถบรรทุก มีการบันทึกเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จริงกับค่าที่วางแผน เพื่อการแก้ไขให้มีความถูกต้องมากขึ้น
- 2) ผลการดำเนินงานการตัดอ้อยที่ได้จากการใช้โปรแกรมด้วยแบบจำลองในฤดูกาลตัดอ้อยปีปัจจุบัน ถูกบันทึกเปรียบเทียบกับผลการดำเนินงานในอดีต
- 3) รวบรวมผลการดำเนินงานที่ได้จากการนำโปรแกรมไปใช้จริงจากโรงงานน้ำตาลทั้ง 2 เพื่อวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียและความเป็นไปในการปรับปรุงพัฒนาโปรแกรม และแผนการเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งของโรงงานน้ำตาลในอนาคต

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองแกวคอยสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ ที่นำมาใช้ในกระบวนการขนส่งและจัดส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 กับโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 โดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่ง เป็นต้น โดยจำแนกข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ข้อมูลชนิดนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์โดยตรงจากเจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลและผู้รับเหมาขนส่ง ในการศึกษาจะทำการเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูลต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อย และข้อมูล

อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล พร้อมทั้งสำรวจกระบวนการขนส่งอ้อยและเส้นทางถนนภายในลานโรงงาน

3.2.2 การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาจากแหล่งหน่วยงานต่างๆ โดยข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ สามารถเก็บรวบรวมได้จากหน่วยงานต่างๆ ผ่านเว็บไซต์ ได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในการศึกษาครั้งนี้ เช่น ข้อมูลการผลิตอ้อย ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ข้อมูลการขนส่ง และข้อมูลโครงสร้างโลจิสติกส์ของประเทศไทย

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

คณะวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิจากโรงงานในกรณีศึกษาที่ 1 คณะวิจัยได้สรุปข้อมูลด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงงานในปีการผลิตที่ 2559/2560 และ 2560/2561 เพื่อให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพในการดำเนินงานของโรงงาน วิเคราะห์หาช่องทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในฤดูกาลถัดไป ดังข้อ 4.1.1 ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาสร้างแบบจำลอง 2 แบบ แบบที่ 1 คือแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกด้วยวิธีการทำเหมืองข้อมูลจากฐานข้อมูลรถเข้าออกลานในของโรงงาน ดังหัวข้อ 4.1.2 แบบที่ 2 คือ แบบจำลองแกวค้อยของรถบรรทุกด้วยโปรแกรมอาร์โนเพื่อศึกษาเวลาและจำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยในลานใน ดังหัวข้อ 4.1.3 คณะวิจัยยังได้พัฒนาแบบจำลองวางแผนจัดลำดับการตัดอ้อยที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงพิกัด และผลตอบแทนในแต่ละช่วงเวลา ด้วยวิธี Evolution ในโปรแกรมเอ็กเซล ดังหัวข้อที่ 4.1.4 โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ระหว่างปีการผลิต 2559/2560 และ ปี 2560/2561

เปรียบเทียบสถิติการขนส่งอ้อยช่วงปีการผลิต 2559/2560 และ ปี 2560/2561 ซึ่งแบ่งประเภทในการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ ปริมาณอ้อย และเวลาในการรอ โดยข้อมูลในปี 2560 เป็นข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2559 - มีนาคม 2561 ส่วนข้อมูลในปี 2561 เป็นข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2560 - เมษายน 2561 ซึ่งจัดกลุ่มข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ อ้อยประเภทคนตัด และอ้อยประเภทรถตัด โดยในการเปรียบเทียบข้อมูลได้ใช้สถิติพรรณนาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณน้ำหนกอ้อย

ในปีการผลิต 2559/2560 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 57,190 คัน และปริมาณรวมตลอดฤดูกาลเท่ากับ 893,405.48 ตัน ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 72,405 คัน และปริมาณรวมตลอดฤดูกาลเท่ากับ 1,118,811.88 ตัน โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ อ้อยประเภทคนตัด และอ้อยประเภทรถตัด ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบน้ำหนักอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559-2561

ประเภทอ้อย	เดือน	2559/2560			2560/2561		
		ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (ตัน)	น้ำหนักรวม (ตัน)	จำนวนรถเข้าโรงงาน (คัน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (ตัน)	น้ำหนักรวม (ตัน)	จำนวนรถเข้าโรงงาน (คัน)
อ้อยคนตัด	ธ.ค.	14.06	66,256.57	4,712.00	13.82	65,730.69	4,757.00
	ม.ค.	14.87	204,015.58	13,722.00	14.35	270,465.44	18,849.00
	ก.พ.	15.02	270,809.25	18,035.00	15.39	236,136.84	15,348.00
	มี.ค.	16.14	187,018.31	11,514.00	15.76	274,484.44	17,420.00
	เม.ย.	0.00	0.00	0.00	15.67	30,530.84	1,948.00
รวม			728,099.71	47,983.00		877,348.25	58,322.00
อ้อยรถตัด	ธ.ค.	17.14	18,391.03	1,073.00	16.96	22,611.14	1,333.00
	ม.ค.	17.38	41,670.16	2,397.00	17.04	75,305.78	4,420.00
	ก.พ.	18.37	63,514.80	3,457.00	17.93	66,173.63	3,690.00
	มี.ค.	18.30	41,729.78	2,280.00	16.76	68,396.22	4,081.00
	เม.ย.	0.00	0.00	0.00	16.06	8,976.86	559.00
รวม			165,305.77	9,207.00		241,463.63	14,083.00
รวมทั้งหมด			893,405.48	57,190.00		1,118,811.88	72,405.00

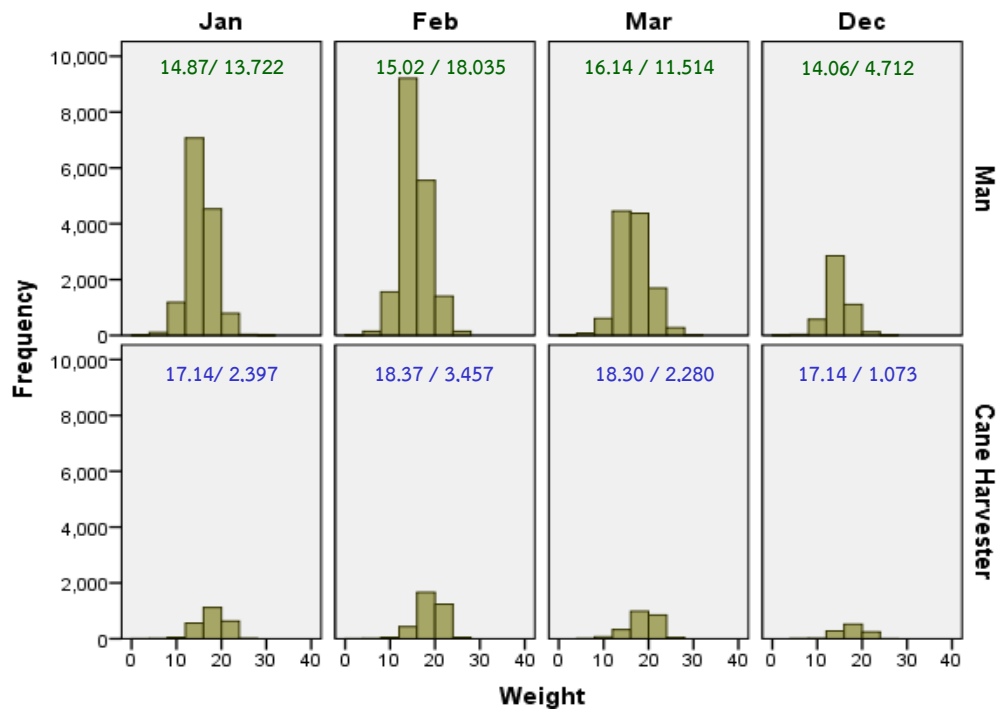
จากตารางที่ 4.1 สามารถพิจารณาได้ดังนี้

1.1) อ้อยประเภทคนตัด: ในปีการผลิต 2559/2560 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 47,983 คัน คิดเป็น 83.90% ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด และมีปริมาณรวมตลอดฤดูกาลเท่ากับ 728,099.71 ตัน คิดเป็น 81.50% ของปริมาณรวมตลอดฤดูกาลทั้งหมด ทั้งนี้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยในเดือนมีนาคมมากที่สุดเท่ากับ 16.14 ตัน โดยมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 11,514 คัน อย่างไรก็ตามช่วงเดือนดังกล่าวยังมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานน้อยกว่าเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 13,722 คัน และ 18,035 ตามลำดับ

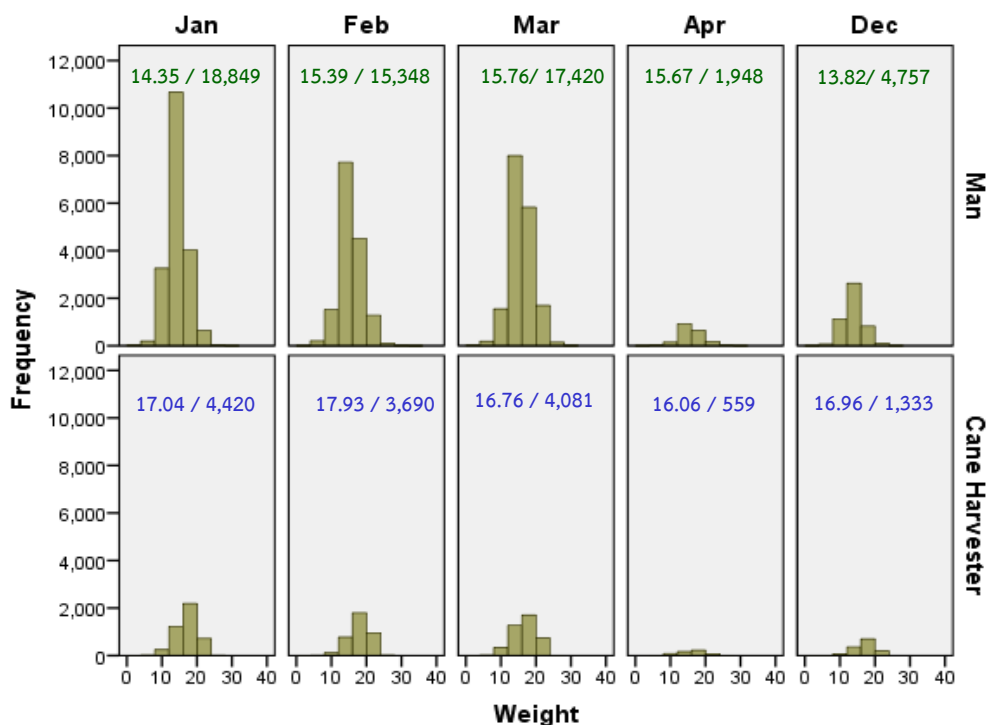
ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 58,322 คัน คิดเป็น 80.55% ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด และมีปริมาณรวมตลอดฤดูกาลเท่ากับ 877,348.25 ตัน คิดเป็น 78.42% ของปริมาณรวมตลอดฤดูกาลทั้งหมด ทั้งนี้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคม - เมษายนเฉลี่ยอยู่ประมาณ 15 ตัน

1.2) อ้อยประเภทรถตัด: ในปีการผลิต 2559/2560 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 9,207 คัน คิดเป็น 16.10 % ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด และมีปริมาณรวมตลอดฤดูกาลเท่ากับ 165,305.77 ตัน คิดเป็น 18.50% ของปริมาณรวมตลอดฤดูกาลทั้งหมด ทั้งนี้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยในเดือนกุมภาพันธ์มากที่สุดเท่ากับ 16.37 ตัน โดยมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 3,457 คัน

ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 14,083 คัน คิดเป็น 19.45% ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด และมีปริมาณรวมตลอดฤดูกาลเท่ากับ 241,463.63 ตัน คิดเป็น 21.58% ของปริมาณรวมตลอดฤดูกาลทั้งหมด โดยตลอดทั้งฤดูกาลการผลิตค่าน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดือนประมาณ 16-17 ตัน นอกจากนี้จากข้อมูลในตารางสามารถนำเสนอด้วยฮิสโตแกรมแสดงความถี่ของน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละเดือนของช่วงปีการผลิตทั้งสองช่วง แสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2



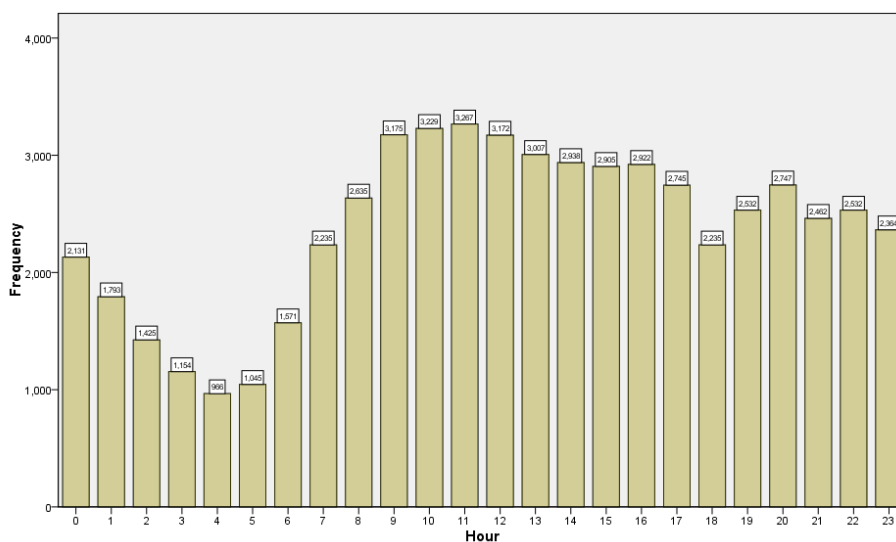
ภาพที่ 4.1 แสดงความถี่ของน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559/2560



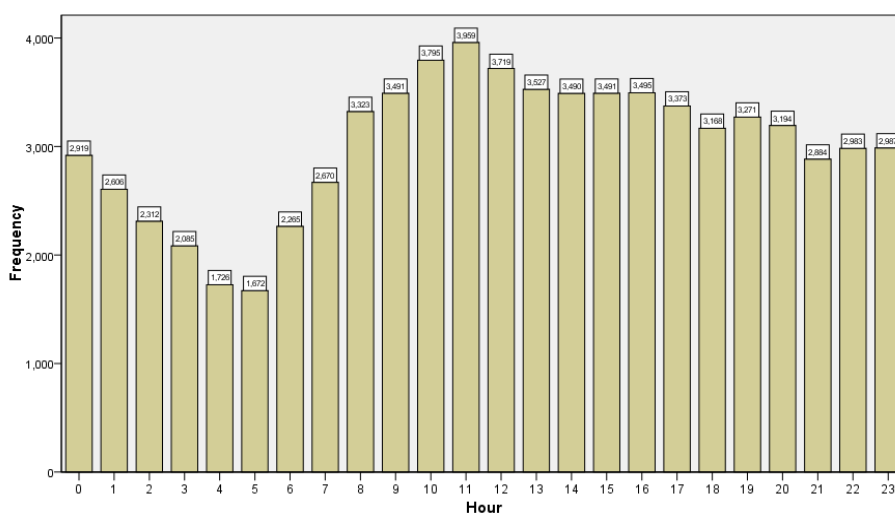
ภาพที่ 4.2 แสดงความถี่ของน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2560/2561

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ในช่วงเวลาของการรับส่งอ้อยของโรงงานจากอ้อยทุกประเภทการกระจายของข้อมูลน้ำหนักอ้อยเฉลี่ยประมาณ 10-12 ตัน นอกจากนี้ช่วงเวลาประมาณ 09.00 น.-17.00 น.

เป็นช่วงเวลาที่มียปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานมากที่สุด ส่วนช่วงเวลา 04.00 น.-05.00 น.เป็นช่วงเวลาที่มียปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานน้อยที่สุด แสดงดังภาพที่ 4.3 และ 4.4



ภาพที่ 4.3 แสดงช่วงเวลาที่มียปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559/2560



ภาพที่ 4.4 แสดงช่วงเวลาที่มียปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2560/2561

2) เวลารอคอย

ในปีการผลิต 2559/2560 จำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 57,190 คัน มีเวลารอเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 144 นาที ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 จำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 72,405 คัน และมีเวลารอเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 147.64 นาที โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ อ้อยประเภทคนตัด และอ้อยประเภทรถตัด ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลารอในการขนส่งอ้อยภายในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ปีการผลิต 2559-2561

ประเภท อ้อย	เดือน	2559/2560		2560/2561	
		ค่าเฉลี่ยเวลารอ (นาที)	จำนวนรถเข้าโรงงาน (คัน)	ค่าเฉลี่ยเวลารอ (นาที)	จำนวนรถเข้าโรงงาน (คัน)
อ้อยคนตัด	12	157.40	4,712.00	171.00	4,757.00
	1	170.68	13,722.00	147.06	18,849.00
	2	143.40	18,035.00	155.63	15,348.00
	3	142.19	11,514.00	158.78	17,420.00
	4	0.00	0.00	148.01	1,948.00
รวม			47,983.00		58,322.00
อ้อยรถตัด	12	80.82	1,073.00	120.11	1,333.00
	1	82.61	2,397.00	105.05	4,420.00
	2	110.80	3,457.00	119.63	3,690.00
	3	114.35	2,280.00	132.30	4,081.00
	4	0.00	0.00	99.94	559.00
รวม			9,207.00		14,083.00
รวมตลอด ฤดูกาล			57,190.00		72,405.00

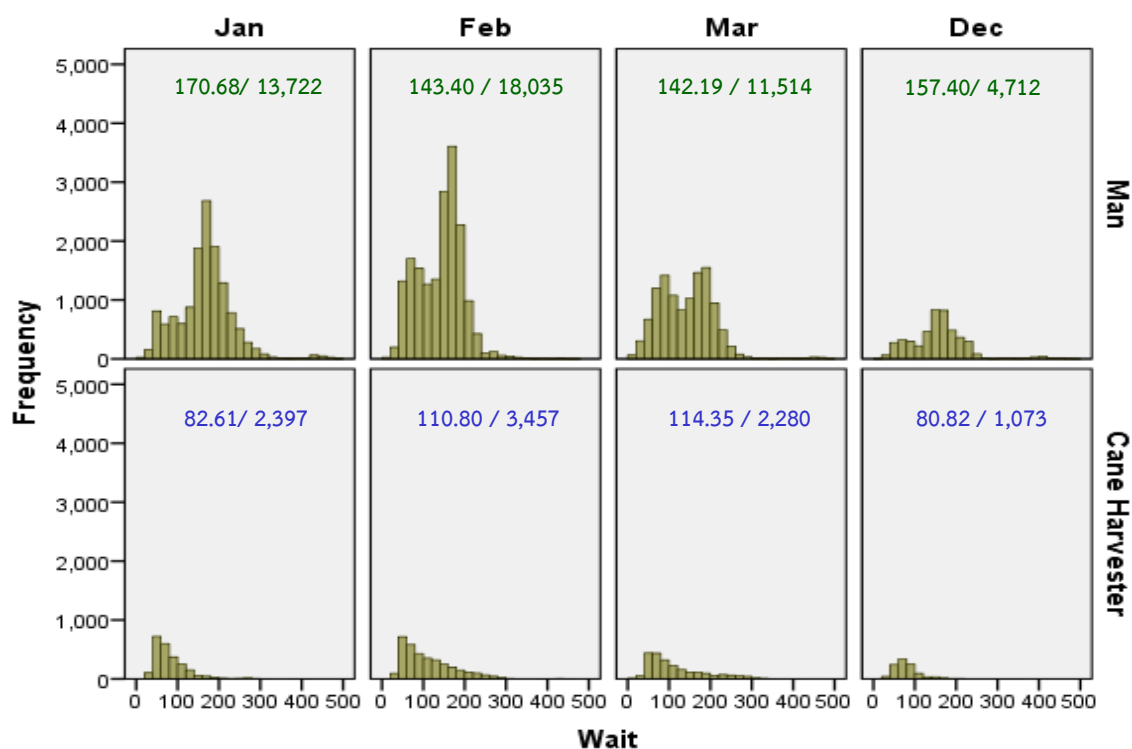
จากตารางที่ 4.2 สามารถพิจารณาได้ดังนี้

2.1) อ้อยประเภทคนตัด: ในปีการผลิต 2559/2560 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 47,983 คัน คิดเป็น 83.90% ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด ทั้งนี้ค่าเวลารอเฉลี่ยในเดือนมกราคม นานที่สุดเท่ากับ 170.68 นาที โดยมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 13,722 คัน

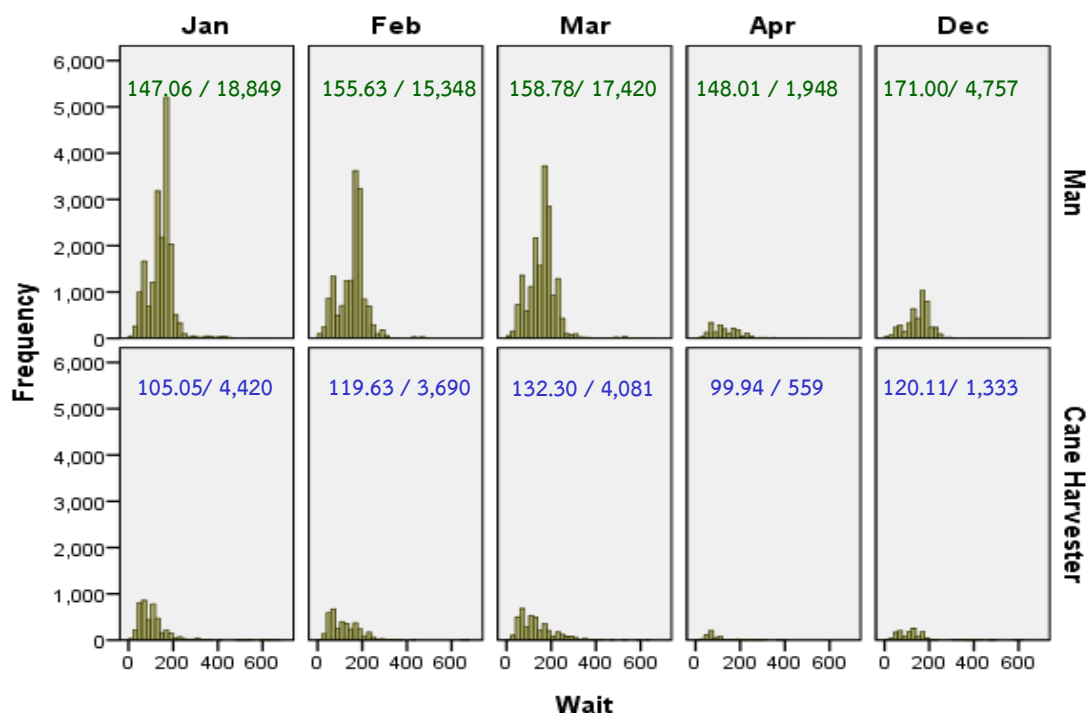
ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 58,322 คัน คิดเป็น 80.55% ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด ทั้งนี้ค่าเวลารอเฉลี่ยในเดือนธันวาคม นานที่สุดเท่ากับ 171.68 นาที โดยมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานเพียง 4,757 คัน ส่วนในเดือนอื่นๆ ช่วงปีการผลิตเดียวกันมีค่าเวลารอเฉลี่ยใกล้เคียงกันประมาณ 146 นาที

2.2) อ้อยประเภทตัด: ในปีการผลิต 2559/2560 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 9,207 คัน คิดเป็น 16.10 % ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด ทั้งนี้ค่าเวลารอเฉลี่ยในเดือนมีนาคมมากที่สุดเท่ากับ 114.35 นาที โดยมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 2,280 คัน

ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 14,083 คัน คิดเป็น 19.45% ของจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงานทั้งหมด ทั้งนี้ค่าเวลารอเฉลี่ยในเดือนมีนาคมมากที่สุดเท่ากับ 132.30 นาที โดยมีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 4,081 คัน นอกจากนี้จากข้อมูลในตารางสามารถนำเสนอด้วยฮิสโตแกรมแสดงความถี่ของเวลาเฉลี่ยในแต่ละเดือนของช่วงปีการผลิตทั้งสองช่วง แสดงดังภาพที่ 4.5 และ 4.6



ภาพที่ 4.5 แสดงความถี่เวลารอเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2559/2560



ภาพที่ 4.6 แสดงความถี่เวลารอเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงปีการผลิต 2560/2561

จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า พบว่าช่วงเวลาทั้ง 2 ช่วงของอ้อยทุกประเภทการกระจายของข้อมูลเวลารอเฉลี่ยประมาณ 100 - 200 นาที นอกจากนี้ถ้าพิจารณาเวลารอแยกในแต่ละแท่นเทหรือคัมพ์ ซึ่งทางโรงงานน้ำตาลแห่งนี้มีคัมพ์ทั้งหมด 5 คัมพ์ โดยแสดงเวลารอในแต่ละคัมพ์ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เวลารอในการขนส่งอ้อยภายในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ปีการผลิต 2559-2561 จำแนกตามหมายเลขคัมพ์

คัมพ์	2559/2560			2560/2561		
	ค่าเฉลี่ยเวลารอ (นาที)	จำนวนรถเข้าโรงงาน (คัน)	Std. Deviation	ค่าเฉลี่ยเวลา รอ (นาที)	จำนวนรถเข้าโรงงาน (คัน)	Std. Deviation
1	105.59	11,419	60.09	108.14	14,506	66.92
2	120.14	11,420	67.49	125.64	14,481	69.99
3	163.18	11,445	71.43	166.76	14,452	71.77
4	164.7	11,443	71.13	168.26	14,517	72.99
5	166.27	11,463	72.32	169.58	14,449	74.68

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ในช่วงเวลาการรับส่งอ้อยของโรงงาน โดยอ้อยทุกประเภทในแต่ละคัมพ์ที่มีเวลารอมากที่สุดจะเป็นคัมพ์หมายเลขที่ 3 ถึง 5 โดยเวลารอเฉลี่ยของปีการผลิต 2559/2560 เท่ากับ 163.18, 164.70 และ 166.27 นาที ตามลำดับ ส่วนเวลาเฉลี่ยของปีการผลิต 2560/2561 เท่ากับ 163.76, 168.26

และ 169.58 นาที ตามลำดับ ซึ่งดัชนีหมายเลขที่ 1 กับ 2 จะมีเวลารอประมาณไม่เกิน 130 นาที อันเนื่องจากทางบริษัทมีนโยบายมีสิทธิพิเศษให้รถบรรทุกอ้อยที่เป็นอ้อยคนตัดเข้าเทในดัชนีหมายเลขดังกล่าวก่อนอ้อยประเภทอื่น เพราะว่าอ้อยประเภทตัดจะมีคุณภาพอ้อยที่ดีกว่าอ้อยประเภทคนตัดซึ่งต้องมีการเผาก่อนถึงจะให้คนตัดได้ อย่างไรก็ตามอ้อยประเภทนี้ก็มีปริมาณเข้าโรงงานน้อยกว่าประเภทอื่นๆ เนื่องจากต้นทุนการเก็บเกี่ยวที่มีการใช้รถตัดมีมูลค่าสูงมาก ดังนั้นส่งผลให้ดัชนีหมายเลขที่ 1 กับ 2 มีเวลารอคอยที่น้อยกว่าอ้อยประเภทอื่น

4.1.2) แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกจากการทำเหมืองข้อมูลจากฐานข้อมูลรถเข้าและออกลานใน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยส่วนนี้คือการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุก ณ จุดที่ซังเข้าและซังออก ซึ่งเป็นข้อมูลที่โรงงานน้ำตาลต้องบันทึกไว้เพื่อให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกร โดยนอกจากน้ำหนักของรถแล้วโรงงานยังได้บันทึกข้อมูลด้านอื่นอีกเช่นโดยนอกจากน้ำหนักของรถแล้วโรงงานยังได้บันทึกข้อมูลด้านอื่นอีกเช่น วันและเวลาซังเข้า วันและเวลาซังออก เลขที่ใบซัง คุณภาพอ้อย ค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar ; CCS) ทะเบียนรถ CarType น้ำหนักอ้อย ชนิดอ้อย ผู้ส่งอ้อย ดัชนีที่เท เลขโคตัว ทะเบียนรถ รอบคิวซัง ชื่อ-สกุล จากข้อมูลดังกล่าว คณะวิจัยได้ใช้วิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) ด้วยโปรแกรม PASW version 17 เพื่อพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกชนิดต่างๆ สำหรับขั้นตอนในการสร้างโมเดลมีดังนี้

1) คัดกรองข้อมูลที่มีการบันทึกผิดพลาด (data cleaning) และปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับเวลาในการรอออก ด้วยวิธี Pearson correlation โดยใช้เกณฑ์ค่า correlation มากกว่า 0.1 และระดับนัยสำคัญ 0.95 ขึ้นไป โดยพิจารณาความสัมพันธ์จากกราฟประกอบ ผลการทดสอบพบว่าข้อมูล เลขที่ใบซัง คุณภาพอ้อย ค่าความหวานของอ้อย ทะเบียนรถ น้ำหนักรถ เลขโคตัว ไม่มีความสัมพันธ์มากเกินไปกับเวลาในการรออย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากเลขที่ดั้มพ์ และเวลาซังออกเป็นข้อมูลที่ได้หลังจากการซังเข้า จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแปรต้นได้ แต่จะใช้ในการคำนวณหาเวลาในการรอเท่านั้น ดังแผนภาพที่ 4.7

Correlations										
Date	Pearson Correlation	Date	Quota	Dump	Weight	Canetype	ArrivalTime	Hour	DepartTime	WaitingTime
		1	-.012	.009	.086**	.020*	.019*	.019*	.024*	.031**
	Sig. (2-tailed)		.211	.323	.000	.027	.040	.038	.009	.001
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
Quota	Pearson Correlation	-.012	1	.014	.018	.150**	-.003	-.003	.004	.040**
	Sig. (2-tailed)	.211		.125	.051	.000	.720	.769	.627	.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
Dump	Pearson Correlation	.009	.014	1	-.034**	.049*	-.002	-.001	.034**	.187**
	Sig. (2-tailed)	.323	.125		.000	.000	.860	.886	.000	.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
Weight	Pearson Correlation	.086**	.018	-.034**	1	-.064**	.037**	.037**	.027**	-.043**
	Sig. (2-tailed)	.000	.051	.000		.000	.000	.000	.003	.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
Canetype	Pearson Correlation	.020*	.150**	.049*	-.064**	1	-.031**	-.031**	-.018	.064**
	Sig. (2-tailed)	.027	.000	.000	.000		.001	.001	.052	.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
ArrivalTime	Pearson Correlation	.019*	-.003	-.002	.037**	-.031**	1	.999**	.982**	.121**
	Sig. (2-tailed)	.040	.720	.860	.000	.001		.000	.000	.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
Hour	Pearson Correlation	.019*	-.003	-.001	.037**	-.031**	.999**	1	.981**	.122**
	Sig. (2-tailed)	.038	.769	.886	.000	.001	.000		.000	.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
DepartTime	Pearson Correlation	.024*	.004	.034**	.027**	-.018	.982**	.981**	1	.307**
	Sig. (2-tailed)	.009	.627	.000	.003	.052	.000	.000		.000
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695
WaitingTime	Pearson Correlation	.031**	.040**	.187**	-.043**	.064**	.121**	.122**	.307**	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695	11695

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาพที่ 4.7 แสดงผลความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation)

2) สังเคราะห์ตัวแปรใหม่โดยคำนวณจากจำนวนรถบรรทุกในลานจากวันและเวลาในการซังเข้าและออกเพื่อเป็นตัวแปรต้นในการพยากรณ์ โดยต้องคำนวณตั้งแต่วันแรกที่เริ่มเปิดหีบจึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง

3) เลือกตัวชี้วัดความถูกต้อง ผู้วิจัยเลือกวิธี “ค่าระดับความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE)” และ “percent out of range” ในการวัดความถูกต้อง

โดยค่าระดับความคลาดเคลื่อนกำลังสอง คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ยกกำลังสอง มีสูตรคือ

$$RMSE = \sqrt{\frac{(a_1 - y_1)^2 + (a_2 - y_2)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n}}$$

โดย a_i คือ ค่าข้อมูลที่แท้จริง, $\forall i = 1, \dots, n$

y_i คือ ค่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์, $\forall i = 1, \dots, n$

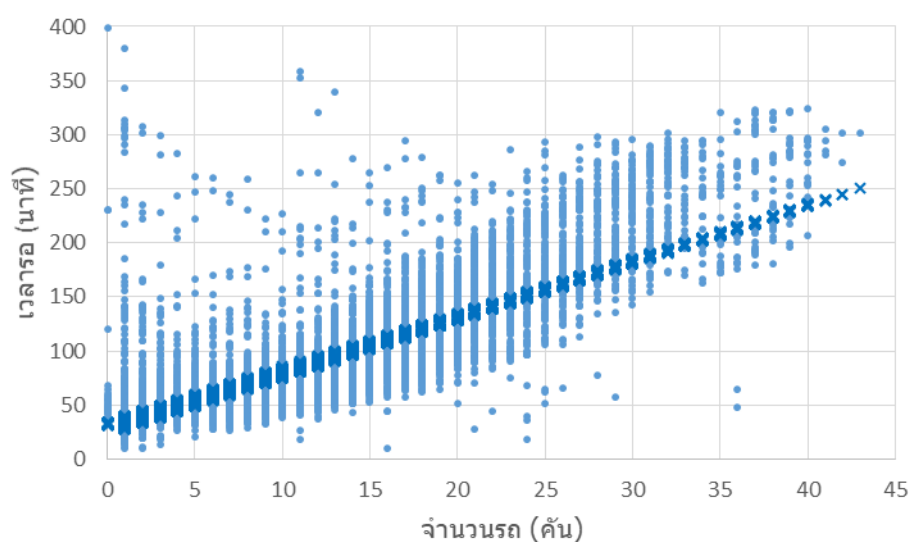
n คือ จำนวนรถบรรทุกอ้อยชนิดที่พิจารณา

Percent out of range คือ ร้อยละของค่าเวลาในการรอจริงที่ไม่อยู่ในช่วงที่ทำการพยากรณ์ไว้ มีสูตรคือ

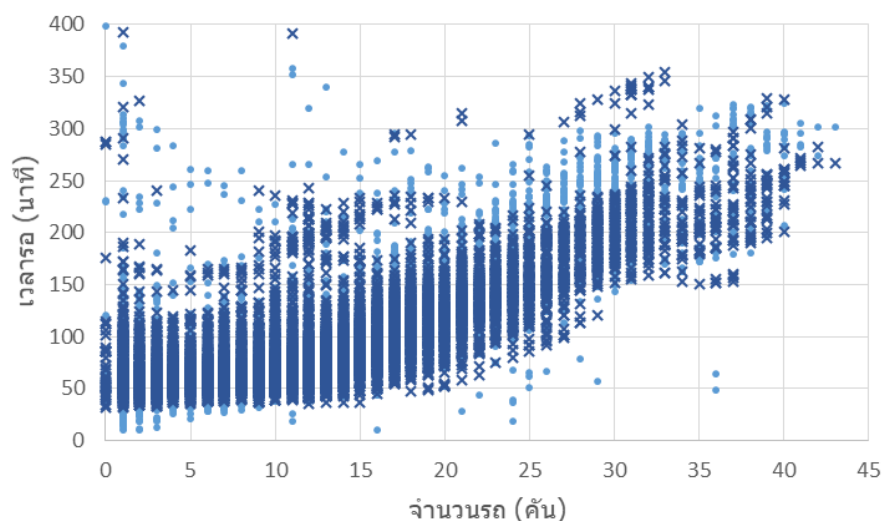
$$\text{Percent out of range} = \frac{\text{จำนวนรถที่เวลาในการรอจริงไม่ได้อยู่ในช่วงของค่าพยากรณ์ที่กำหนด}}{\text{จำนวนรถทั้งหมด}}$$

ช่วงของค่าที่พยากรณ์ที่กำหนดคำนวณจาก ค่าพยากรณ์ $\pm$ ด้วยระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งในที่นี้คือ 30 และ 60 นาที ยกตัวอย่างเช่นถ้าค่าพยากรณ์คือ 100 นาที และระยะเวลาที่กำหนดคือ 30 นาที ช่วงของค่าพยากรณ์คือ 70 ถึง 130 นาที หรือมีความกว้างของช่วงการพยากรณ์เท่ากับ 60 นาที ถ้าค่าเวลารอของรถคันนั้นคือ 60 จะถือว่าไม่อยู่ในช่วงของค่าพยากรณ์ ถ้าเวลารอของรถคันนั้นคือ 110 นาที จะถือว่าเวลารอนี้อยู่ในช่วงของค่าพยากรณ์ ถ้าระยะเวลาที่กำหนดคือ 100 นาที และช่วงของค่าพยากรณ์คือ 60 นาที ช่วงของค่าพยากรณ์คือ 40 ถึง 160 นาที หรือมีความกว้างของช่วงการพยากรณ์เท่ากับ 120 นาที เป็นต้น

4) พยากรณ์เวลาในการรอด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ในโปรแกรม PASW ตัวแปรต้นที่ใช้คือ จำนวนรถแต่ละชนิด เวลา วัน และเดือนในช่วงปี 2560 - 2561 นำมาใช้ฝึกหัด (Training) และใช้ข้อมูลช่วงปี 2559 - 2560 ในการทดสอบ (Testing) สาเหตุที่ต้องใช้ข้อมูลในปี 2560 - 2561 ในการฝึกหัด (Training) เพราะว่าข้อมูลช่วงปีดังกล่าวมีจำนวนมากกว่าช่วงปีก่อนหน้ามากทำให้มีความแม่นยำที่ดีกว่า ดังนั้นการใช้ข้อมูลช่วงปี 2559 - 2560 ในการฝึกหัด (Training) เพื่อทดสอบ (Testing) ในช่วงปี 2560 - 2561 ข้อมูลโควต้าไม่ถูกใช้เนื่องจากแต่ละปีโควต้าไม่เหมือนกัน ตัวอย่างของการพยากรณ์ด้วย MLR และ ANN ด้วยค่าตั้งต้นของโปรแกรม สามารถแสดงในภาพที่ 4.8 และ 4.9



ภาพที่ 4.8 การพยากรณ์เวลาในการรอด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR)



ภาพที่ 4.9 การพยากรณ์เวลาในการรอดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ANN)

ทั้งนี้สามารถตรวจสอบค่าความถูกต้องของทั้งสองวิธี โดยเปรียบเทียบในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการพยากรณ์เวลาในการรอดจากข้อมูลซึ่งเข้าและซึ่งออก

อ้อยรถตัด				อ้อยคนตัด			
Method	RMSE (นาท)	Percent out of Range		Method	RMSE (นาท)	Percent out of Range	
		+/- 30	+/- 60			+/- 30	+/- 60
		นาท	นาท			นาท	นาท
MLR	41.43	75.25%	93.19%	MLR	77.80	50.22%	77.39%
ANN	37.32	70.89%	90.67%	ANN	131.63	52.42%	74.33%

จากตารางข้างต้นพบว่า วิธีพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (MLR) และ โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันตามชนิดของอ้อย สำหรับอ้อยรถตัด ANN มีค่า RMSE น้อยกว่า MLR ในขณะที่ MLR มี Percent out of Range มากกว่า ทั้งช่วง +/- 30 และ +/- 60 นาท สำหรับอ้อยคนตัด MLR กลับมีค่า RMSE น้อยกว่า ANN เมื่อพิจารณาค่า Percent out of Range แล้ว ANN มีดีกว่าในช่วง +/- 30 นาท ในขณะที่ MLR ดีกว่าในช่วง +/- 60 นาท

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการ train เป็นข้อมูลเข้าและออกลานใน แบบจำลองการทำเหมืองข้อมูลนี้จึงมีความเหมาะสมที่สุดกับรถบรรทุกที่มีสิทธิสามารถเข้าซึ่งและรอที่ลานในได้เลย เช่น รถบรรทุกอ้อยจากรถตัดที่ทางโรงงานให้สิทธิพิเศษนี้เพื่อให้สามารถทำรอบไปรับอ้อยจากรถตัดได้ต่อเนื่องมากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย โดยเมื่อพิจารณาความถูกต้องแล้วจะเห็นว่ามีความผิดพลาดน้อยกว่า 10% สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.1 และ 1.2.3 และสามารถนำไปปรับใช้กับโรงงานน้ำตาลโรงงานอื่นได้ โดยนำข้อมูลการซึ่งเข้าและออกของรถบรรทุกในโรงงานในอดีตที่มาเป็นแบบอย่างให้โปรแกรมเรียนรู้ และใช้พยากรณ์เวลาใน

การรอของรถบรรทุกในฤดูการเก็บที่จะมาถึง โดยความถูกต้องของแบบจำลองจะขึ้นกับความแตกต่างและปริมาณข้อมูลในอดีต ระบบการจัดคิวเข้าเทอ้อย และชนิดของรถบรรทุกอ้อย

4.1.3) แบบจำลองแถวคอยสำหรับการเทอ้อยในโรงงาน

เนื่องจากการใช้รถตัดอ้อยให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีรถบรรทุกมารับอ้อยจากรถตัดอย่างต่อเนื่อง โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 จึงมีวิธีการจัดคิวโดยให้สิทธิการเทอ้อยรถตัดรวมถึงอ้อยสดสวยสะอาด ให้สามารถเข้าเทได้เร็วกว่าอ้อยชนิดอื่น โดยในงานวิจัยนี้จะขอใช้คำว่า “อ้อยสด” แทนอ้อยรถตัดและอ้อยสดสวยสะอาด และ “อ้อยไฟไหม้” แทนอ้อยชนิดอื่นๆ เพื่อให้สามารถวิ่งไปรับอ้อยจากรถตัดในแปลงได้เร็วขึ้น ช่วยลดปัญหาการติดทำงานไม่ต่อเนื่อง คณะวิจัยจึงสร้างแบบจำลองการเทอ้อย 3 แบบ เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการรอและจำนวนรถในลานในขึ้น เพื่อเป็นเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจเลือกใช้ระบบคิว โดยระบบคิวทั้ง 3 มีรูปแบบดังนี้

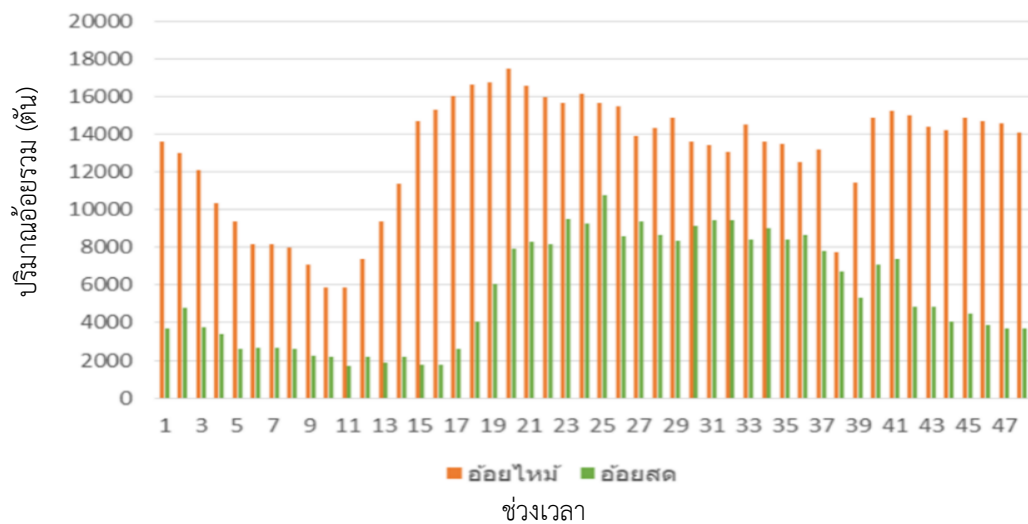
รูปแบบที่ 1: แบบ First Come First Serve เรียงลำดับการให้บริการตามลำดับการมาถึง

รูปแบบที่ 2 แบบกำหนดช่องเทตามประเภทอ้อย โดยช่อง 1-2 สำหรับอ้อยรถตัด และช่อง 3-5 สำหรับอ้อยคนตัด ทั้งนี้หากในช่อง 1-2 ไม่มีอ้อยรถตัดเทอยู่ สามารถพิจารณาให้อ้อยคนตัดเข้าเทในช่อง 1 และ 2 ได้

รูปแบบที่ 3 แบบกำหนดลำดับความสำคัญจากประเภทอ้อย โดยอ้อยรถตัดมีความสำคัญมากกว่าอ้อยคนตัด หากมีอ้อยรถตัดเข้ามาสามารถให้แข่งคิวเข้าเทก่อนอ้อยคนตัดในคิวที่รอเทก่อนได้ทันที

ทั้งนี้ผลของการสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์เบื้องต้นของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ข้อเสนอแนะเบื้องต้นของตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลปริมาณอ้อยที่เข้าหีบในปี 2559-2560 ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานต่อช่วงเวลา 30 นาที

ที่มา: จากการสัมภาษณ์

จากกราฟข้างต้นแสดงให้เห็นถึง

(1.1) พิจารณาช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน เป็นเวลา 24 ชม. โดยใช้รอบทำซ้ำเบื้องต้น 5 ครั้ง

(1.2) ระยะเวลาการมาถึงของรถอ้อยรถตัดและอ้อยคนตัดที่มาถึง กำหนดเป็นการแจกแจงจากการใช้ค่าข้อมูลจริงที่ได้จากโรงงาน โดยหาค่าหาการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับในแต่ละชั่วโมง โดย 1 วัน แยกออกเป็น 24 ชั่วโมง แสดงตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การแจกแจงของเวลาการมาถึงของอ้อยรถตัดและอ้อยคนตัดในแต่ละชั่วโมง

เวลา	ประเภทอ้อย	
	ไฟไหม้	สด
0-1	$-0.5 + 37 * \text{BETA}(1.36, 0.772)$	$0.5 + \text{WEIB}(4.43, 1.54)$
1-2	$-0.5 + 36 * \text{BETA}(1.19, 0.895)$	$-0.5 + 13 * \text{BETA}(1.28, 1.56)$
2-3	$-0.5 + 36 * \text{BETA}(0.889, 0.756)$	$-0.5 + 11 * \text{BETA}(1.07, 1.31)$
3-4	$\text{UNIF}(-0.5, 35.5)$	$-0.5 + 6 * \text{BETA}(1.35, 0.725)$
4-5	$-0.5 + \text{LOGN}(14.4, 19.3)$	$\text{NORM}(3.4, 2.5)$
5-6	$\text{NORM}(11.1, 5.78)$	$-0.5 + \text{WEIB}(3.56, 1.72)$
6-7	$1.5 + 22 * \text{BETA}(0.927, 0.799)$	$\text{NORM}(2, 1.13)$
7-8	$\text{NORM}(23.5, 8.09)$	$-0.5 + \text{WEIB}(3.14, 1.57)$
8-9	$\text{NORM}(27.4, 7.8)$	$\text{POIS}(5)$
9-10	$18.5 + 23 * \text{BETA}(1.17, 1.35)$	$3.5 + 10 * \text{BETA}(1.53, 1.22)$
10-11	$\text{TRIA}(2.5, 32, 41.5)$	$\text{POIS}(12.4)$
11-12	$\text{NORM}(26.7, 5.13)$	$5.5 + \text{WEIB}(9, 2.2)$
12-13	$6.5 + 28 * \text{BETA}(1.35, 1.06)$	$\text{TRIA}(6.5, 11.2, 23.5)$
13-14	$11.5 + \text{WEIB}(11.7, 1.82)$	$0.5 + 21 * \text{BETA}(1.47, 0.896)$
14-15	$\text{NORM}(21, 5.19)$	$8.5 + \text{ERLA}(2.23, 2)$
15-16	$\text{POIS}(20.3)$	$\text{POIS}(14)$
16-17	$\text{POIS}(20.2)$	$5.5 + \text{WEIB}(9.05, 2.03)$
17-18	$\text{NORM}(19, 5.26)$	$5.5 + \text{ERLA}(2.42, 3)$
18-19	$-0.5 + 28 * \text{BETA}(0.941, 1.05)$	$\text{NORM}(10.3, 3.23)$
19-20	$\text{UNIF}(12.5, 33.5)$	$4.5 + \text{WEIB}(5.54, 1.45)$
20-21	$\text{POIS}(22.8)$	$4.5 + \text{WEIB}(5.01, 1.56)$
21-22	$8.5 + 27 * \text{BETA}(0.95, 0.956)$	$1.5 + \text{GAMM}(2.35, 1.71)$
22-23	$\text{NORM}(23.4, 8.19)$	$\text{NORM}(6.38, 3.36)$
23-24	$\text{NORM}(22.6, 8.64)$	$-0.5 + \text{GAMM}(2.06, 2.46)$

(1.3) เวลาในการให้บริการของแต่ละทรัพยากรเบื้องต้น กำหนดค่าไว้ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การแจกแจงของเวลาในกิจกรรมของรถบรรทุก

จุดให้บริการ/ทรัพยากร	จำนวน	เวลาในการให้บริการ
จุดซังน้ำหนักขาเข้า	1 จุด	UNIF(0.5,2)
จุดเทอ้อย	5 ช่อง	TRIA(5,10,15)
จุดซังน้ำหนักขาเข้า	1 จุด	UNIF(0.5,2)

(1.4) เวลาในการเคลื่อนย้ายอื่นๆ กำหนดค่าไว้ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เวลาเฉลี่ยในกิจกรรมของรถบรรทุก

จุดเคลื่อนย้าย	เวลา (นาท)
จุดซังน้ำหนักขาเข้า-จุดเทอ้อย	2
จุดเทอ้อย-จุดซังน้ำหนักขาเข้า	2

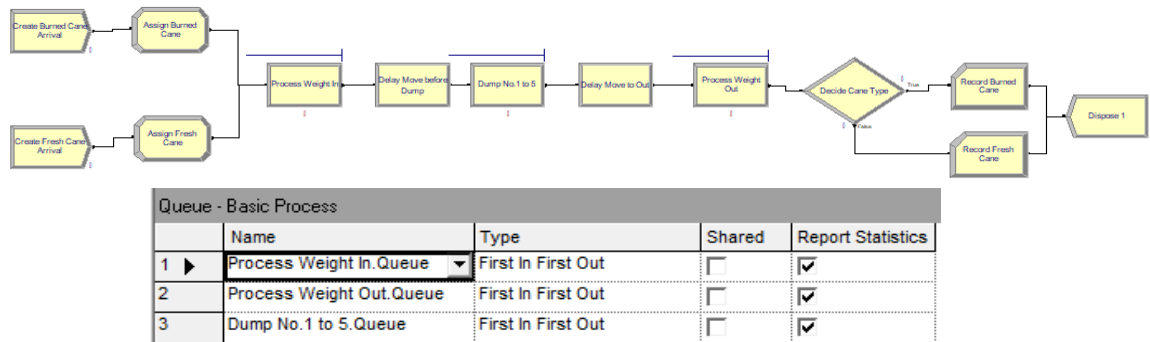
(1.5) คุณสมบัติประจำตัวของอ้อยแต่ละประเภท กำหนดค่า Priority ของอ้อยรถตัด เท่ากับ 1 และอ้อยคนตัด เท่ากับ 2

(1.6) รถขนอ้อยกำหนดให้มีขนาดเดียว โดยใช้รถขนอ้อยเฉลี่ย

2) ตัวแบบจำลองจากสถานการณ์

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น ทางคณะผู้วิจัยได้นำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอารีนา เพื่อแบบจำลองขนส่งจากแปลงเข้าสู่โรงงานน้ำตาล โดยระบบคิวทั้ง 3 มีรูปแบบดังนี้

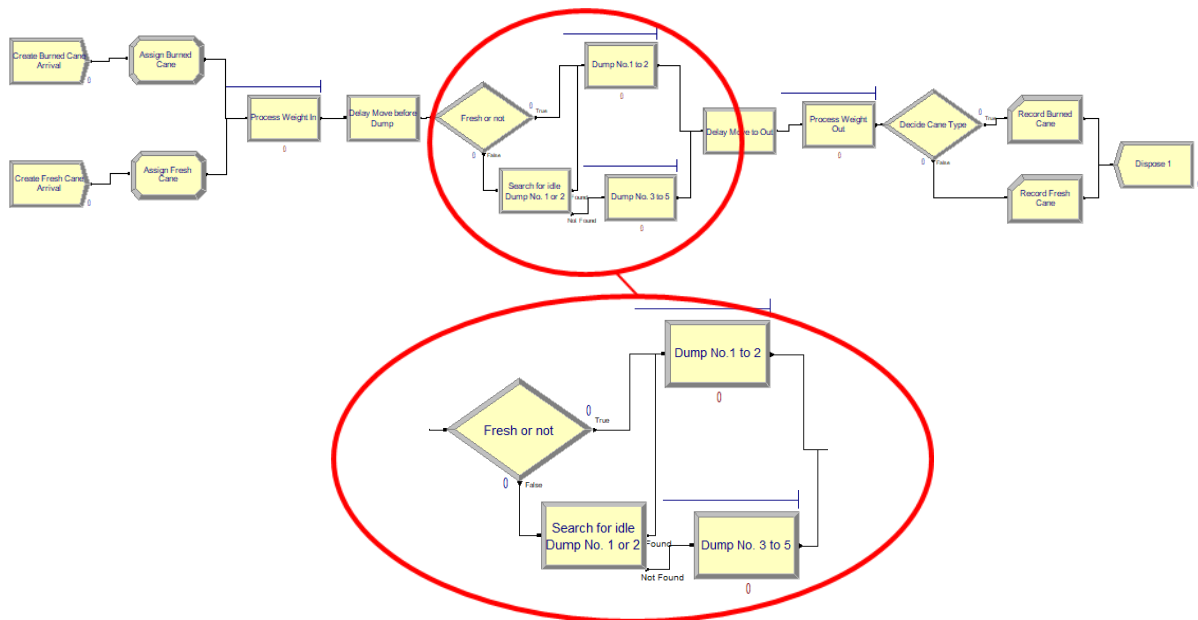
รูปแบบที่ 1: แบบ First Come First Serve เรียงลำดับการให้บริการตามลำดับการมาถึง



ภาพที่ 4.11 แบบจำลองสถานการณ์ในกรณีของ First Come First Serve

กำหนดให้จุดให้บริการ/ทรัพยากรทุกจุด เป็นแบบ First In First Out ซึ่งการทำงานแบบนี้ก็คือ First Come First Serve

รูปแบบที่ 2 แบบกำหนดช่องเขตตามประเภทอ้อย โดยช่อง 1-2 สำหรับอ้อยสด และช่อง 3-5 สำหรับอ้อยไฟไหม้ ทั้งนี้หากในช่อง 1-2 ไม่มีอ้อยสดอยู่ สามารถพิจารณาให้อ้อยไฟไหม้เข้าเทในช่อง 1 และ 2 ได้

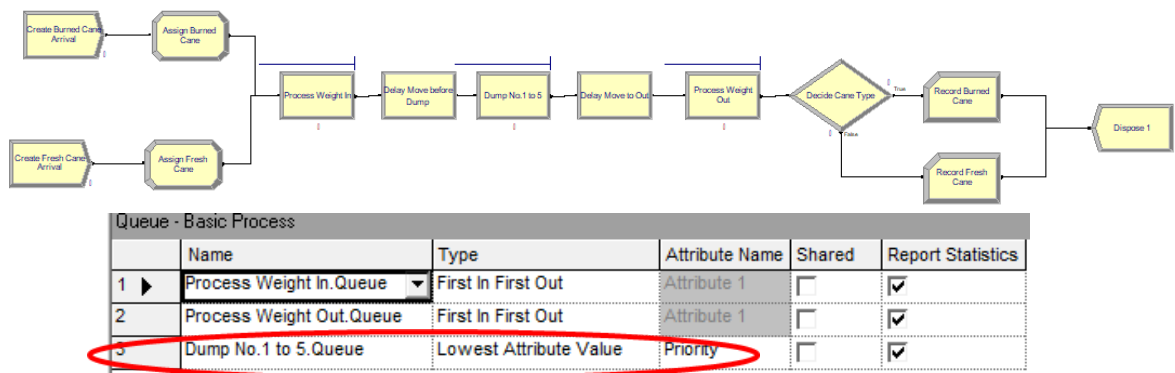


ภาพที่ 4.12 แบบจำลองสถานการณ์ แบบกำหนดช่องเทอ้อย

กำหนด Process Module ของจุดให้บริการ/ทรัพยากรที่ช่องเทอ้อยสำหรับอ้อยแต่ละประเภท แยกกันอย่างชัดเจน โดยให้ ดัมพ์ No. 1 to 2 สำหรับอ้อยสด และ ดัมพ์ No. 3 to 5 สำหรับอ้อยไฟไหม้ ซึ่งก่อนหน้านี้จะเข้าเทในสร้าง Decide Module ให้การแยกประเภทอ้อยก่อน และสร้าง Search Module ในการค้นหาเงื่อนไขของอ้อยไฟไหม้หลังผ่านการซังน้ำหนักเข้าที่เคลื่อนที่มาแล้ว โดยใช้เงื่อนไขที่ว่า ถ้าช่อง

คัมพ์ No.1 to 2 มีช่องว่างอย่างน้อย 1 ช่อง (ไม่มีคิวของอ้อยสดรออยู่) ให้สามารถส่งอ้อยไฟไหม้เข้าไปเทในช่องที่ว่างอยู่ได้ แต่ถ้าไม่มีคิวว่างซึ่งผัดเงื่อนไซ ให้ส่งอ้อยไฟไหม้เข้าช่อง คัมพ์ No.3 to 5

รูปแบบที่ 3 แบบกำหนดลำดับความสำคัญจากประเภทอ้อย โดยอ้อยสดมีความสำคัญมากกว่าอ้อยไฟไหม้ หากมีอ้อยสดเข้ามาสามารถให้แข่งคิวเข้าเทก่อนอ้อยไฟไหม้ในคิวที่รอเทก่อนได้ทันที



ภาพที่ 4.13 แบบจำลองสถานการณ์ แบบอ้อยสดมีสิทธิเทก่อนอ้อยไฟไหม้

รูปแบบนี้โมเดลโดยรวมคล้ายกับรูปแบบที่หนึ่ง แต่จะกำหนดรูปแบบการให้บริการของ คัมพ์ No. 1 to 5 เป็น Priority ที่พิจารณาจากค่า Lowest Attribute Value ซึ่งได้ทำการกำหนดไว้แล้วว่า คุณสมบัติประจำตัวของอ้อยแต่ละประเภท กำหนดค่า Priority ของอ้อยสด เท่ากับ 1 และ อ้อยไฟไหม้ เท่ากับ 2 ซึ่งอ้อยสดมีค่าต่ำกว่า จึงทำให้มีการลัดคิวมาเทได้ก่อน

3) ผลการจำลองสถานการณ์จากการใช้รอบทำซ้ำเบื้องต้น 5 ครั้ง ได้จำนวนรถและเวลาในระบบดังตารางที่ 4.8

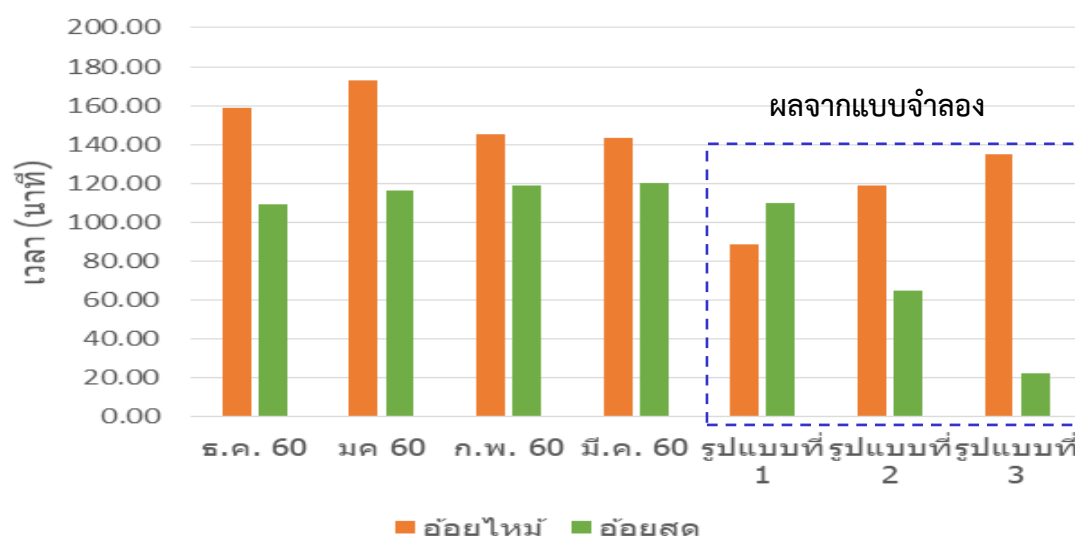
ตารางที่ 4.8 จำนวนรถและเวลาที่ใช้ในระบบ

รูปแบบที่	เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแต่ละจุดให้บริการ (นาที/คัน)			จำนวนแถวคอยโดยเฉลี่ยในแต่ละจุด ให้บริการ (คัน)		
	ชั้นน.ขาเข้า	ช่องเทอ้อย	ชั้นน้ำหนัก ขาเข้า	ชั้นน้ำหนัก ขาเข้า	ช่องเทอ้อย	ชั้นน้ำหนัก ขาออก
1	2.92± 1.46	76.76± 35.13	0.52±0.08	1.56±0.77	41.18±21.00	0.24±0.04
2	2.33±1.70	43.15±32.50	0.48±0.06	1.21±0.96	7.62±6.77	0.23±0.04
		(ช่อง 1-2)			(ช่อง 1-2)	
		103.98±38.34			36.47±17.23	
		(ช่อง 3-5)			(ช่อง 3-5)	
3	2.92±1.46	75.14±35.08	0.52±0.08	1.56±0.77	41.18±21.00	0.24±0.04

4) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใช้ตัวชี้วัด 2 ชนิดคือ 1) เวลาเฉลี่ยในการรอของรถบรรทุก และ 2) จำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยในลานในของโรงงาน

5) เวลาเฉลี่ยในการรอ เวลาในการรอของอ้อยรถตัด และอ้อยสดในเดือนธันวาคม 2559 ถึงเดือนมีนาคม 2560 ซึ่งใช้ระบบคิวแบบเดียวกับรูปแบบที่ 2 นั่นคือ อ้อยสดจะเข้ามารอเทในลานในได้ทันทีที่ดัมพ์ โดยเฉพาะดัมพ์ 1 และ 2 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการรอจากการรันแบบจำลองและเวลาจริงแสดงในภาพที่ 4.14 เมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าเวลาในการรอของอ้อยสดน้อยกว่าเวลาในการรอของอ้อยไฟไหม้ในทุกเดือน แต่ความแตกต่างจะเห็นได้ชัดในเดือนธันวาคมและมกราคม มากกว่าเดือนกุมภาพันธ์และ มีนาคม ซึ่งอาจเกิดจากการแทรกคิวมีมากในเดือนกุมภาพันธ์และ มีนาคม ทำให้การเทของอ้อยสดทำได้ไม่เร็วเท่าที่ควร เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาในการรอที่ได้จากแบบจำลองพบว่าการรอนานกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณรถตั้งต้นซึ่งในแบบจำลองถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ ความแตกต่างของเวลารอตามชนิดของอ้อย พบว่าอ้อยสดมีเวลาในการรอน้อยกว่าอ้อยรถบรรทุกอย่างเห็นได้ชัด โดยแบบจำลองจะมีค่าน้อยกว่าค่าจริงประมาณ 30% แต่ความแตกต่างของเวลารอที่ได้จากแบบจำลองของอ้อยทั้งสองมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับความแตกต่างที่เกิดขึ้นจริง



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบเวลาในระบบจากแบบจำลองและข้อมูลจริง

จากผลการจำลองการเข้าเตของรถบรรทุกจะเห็นว่า เวลาในการรอที่ได้จากแบบจำลองน้อยกว่าค่าจริงประมาณ 30% ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในการประเมินค่าเฉลี่ยของกิจกรรม หรือการเข้าแซงคิวของรถบรรทุกที่มีสิทธิพิเศษ ความแออัดของรถในลานในซึ่งทำให้เกิดการล่าช้าของการเคลื่อนที่รถ หรือเป็นปัญหาการรอเอกสาร หรือ รอขนของบางอย่างกลับ หรือ รถเสีย ซึ่งปัญหาเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำมารวมไว้ในแบบจำลอง การพยากรณ์เวลาในการรอดด้วยโปรแกรมอาร์น่าจึงมีความถูกต้องน้อยกว่าการทำเหมืองข้อมูลซึ่งใช้ข้อมูลเวลารอที่เกิดขึ้นจริงในอดีตเป็นต้นแบบ ผลการดำเนินงานในส่วนนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.1 การปรับใช้ในโรงงานจึงต้องมีการศึกษาข้อมูลของกิจกรรมต่างๆ ในโรงงานโดยละเอียดเพิ่มเติม

4.1.4) แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับการตัดอ้อย

การควบคุมปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานในแต่ละวันจำเป็นต้องทราบถึงประมาณการตัด และลำดับการตัดอ้อยไปพร้อมกัน การจัดลำดับการตัดอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ในปัจจุบันยังใช้วิธีการจับฉลากหรือเรียงตามปริมาณอ้อยซึ่งอาจทำให้ผลตอบแทนไม่ดีเท่าที่ควร แบบจำลองนี้จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดลำดับก่อนหลังของการตัดอ้อยจากแปลงต่างๆ เพื่อเพิ่มผลตอบแทนรวมของเกษตรกร โดยพิจารณาจากพิกัดที่ต้องของแปลงโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดเวลาในการเดินทางของเส้นทางการตัด แต่ยังคำนึงถึงผลตอบแทนที่ได้จากการตัดของแปลงในแต่ละช่วงเวลา ข้อมูลพิกัดแปลงเป็นข้อมูลจริงส่วนข้อมูลด้านต้นทุนและผลตอบแทนจากการตัดแปลงซึ่งคำนวณจาก ความหวาน น้ำหนักอ้อย เวลาในการปลูก รื้อแปลง ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่อ้อย และพื้นที่เพาะปลูกนั้น เป็นข้อมูลที่ถูกละเลยเนื่องจากโรงงานยังไม่มีข้อมูลในส่วนนี้

แบบจำลองได้รับการพัฒนานับโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม อย่างไรก็ตามความเร็วในการคำนวณผลอาจจะช้ากว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาตัวแบบเชิงปริมาณอื่นๆ เช่น Matlab หรือ Lingo ปัจจัยสำคัญ 3 ประการที่มีผลต่อการจัดลำดับการตัดคือ

1) ผลกำไรที่เกิดจากการตัดอ้อยที่แปลง i , จากแปลงอ้อยทั้งหมดคือ $I, i \in I$ ณ ช่วงเวลา t , จากเวลาทั้งหมด $T, t \in T$ ช่วงเวลาอาจกำหนดเป็นหนึ่งวันหรือครั้งวันก็ได้ โดยเวลาทั้งหมดอาจเป็นหนึ่งฤดู หรือ หนึ่งปี หรือหลายปีก็สามารถทำได้ ผลกำไรที่เกิดขึ้นนี้สามารถคำนวณได้จากราคารับซื้อหน้าโรงงาน ความหวานของอ้อย น้ำหนักอ้อยกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่แปลง i ณ ช่วงเวลา t ในกรณีที่สภาวะการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลง i ณ ช่วงเวลา t เช่น ในกรณีที่อ้อยเพิ่งปลูก หรือดินอ่อนนุ่มจากน้ำฝน เป็นต้น ผลกำไรจะถูกตั้งให้ค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โดยราคารับซื้อในปี 2559/2560 แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงราคาอ้อยต่อตันที่ระดับ ซี ซี เอส ในปีการผลิต 2559/2560

ระดับค่าความหวาน (ซี ซี เอส)	ราคาที่ได้ (ตัน)
8	924
9	987
10	1,050
11	1,113
12	1,176

2) ระยะเวลาในการตัดอ้อยของแปลง i ซึ่งแบบจำลองนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าเวลาในการตัดอ้อยจนหมดแปลงเป็นค่าคงที่ตลอดฤดูเก็บเกี่ยว

3) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเดินทางจากแปลง i ไปแปลง $j \{i, j\} \in I$ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างแปลงอ้อยคำนวณได้จากค่าเชื้อเพลิง + ค่ายานพาหนะในการขนส่ง + ค่าเสียเวลาในการเดินทาง

ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลของแปลงอ้อยสำหรับรถตัด 1 คันกำหนดให้ตัดอ้อยจาก 39 แปลง ข้อมูลปัจจัยทั้งสามสามารถนำมาบันทึกลงในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ในรูปของเมตริกซ์ โดยผลตอบแทนจากแปลง 1 ถึง 10 ที่เวลา 1 ถึง 14 สามารถบันทึกได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลตอบแทนจากแปลง 1 ถึง 10 (หน่วย: ร้อยบาท)

Revenue	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
2	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
4	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22
5	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10
6	16	17	17	17	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19
7	26	27	27	27	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29
8	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30
9	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
10	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14
12	43	43	43	44	44	44	44	44	44	44	45	45	45	45

เวลาในการตัดอ้อยจากแปลงที่ 1 ถึง 10 สามารถบันทึกได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เวลาในการตัดอ้อยจากแปลงที่ 1 ถึง 10 (หน่วย: นาที)

Harvest Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	2	3	4	3	3	3	2	1	3

สำหรับค่าเดินทางจากแปลง i ไปแปลง j สามารถบันทึกได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนการเดินทางระหว่างแปลงอ้อย 1 ถึง 10 (หน่วย: ร้อยบาท)

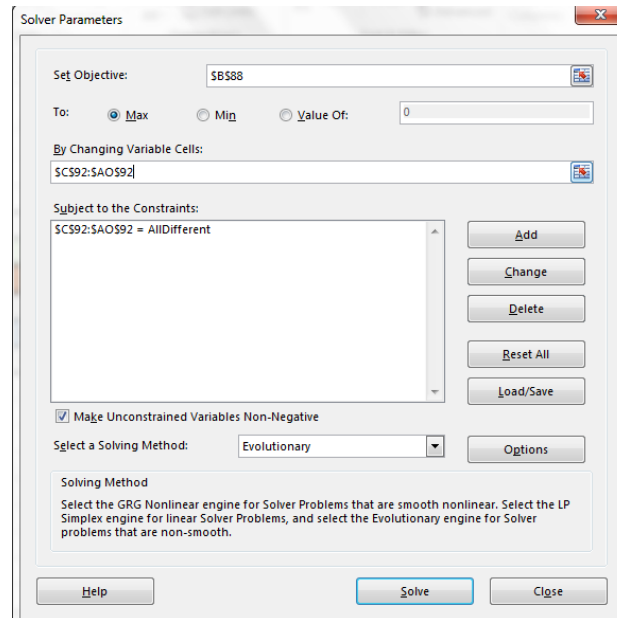
Travel cost (mill)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0		0.29	1.58	21.10	21.00	21.20	19.10	17.90	17.90	22.80	16.50
1	0.29		20.40	21.30	21.20	21.40	19.30	18.10	18.10	23.00	16.70
2	1.58	20.40		25.30	25.30	25.40	23.40	22.10	22.10	27.00	20.80
3	21.10	21.30	25.30		0.06	0.50	7.80	6.60	6.60	10.00	5.20
4	21.00	21.20	25.30	0.06		0.45	7.80	6.50	6.50	10.30	5.20
5	21.20	21.40	25.40	0.50	0.45		7.90	6.70	6.70	10.40	5.30
6	19.10	19.30	23.40	7.80	7.80	7.90		1.40	1.60	3.30	2.60
7	17.90	18.10	22.10	6.60	6.50	6.70	1.40		0.21	3.80	1.40
8	17.90	18.10	22.10	6.60	6.50	6.70	1.60	0.21		4.00	1.30
9	22.80	23.00	27.00	10.00	10.30	10.40	3.30	3.80	4.00		4.70
10	16.50	16.70	20.80	5.20	5.20	5.30	2.60	1.40	1.30	4.70	

เมื่อได้ข้อมูลปัจจัยทั้งสามครบฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ของแบบจำลองคือการหาลำดับการตัดที่ได้ผลตอบแทนมากที่สุดตามเวลาที่กำหนด ด้วย Function Solver Add-in ด้วยวิธี Evolutionary ตัวอย่างผลการจัดลำดับและค่าผลตอบแทนที่ได้ แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงผลการหาลำดับการตัดที่เหมาะสม (หน่วย: ร้อยบาท)

Objective	5,860.24										
Order		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Field	0	24	25	6	22	37	36	32	29	38	34
Cost	-2.5	-1.8	-19.2	-39.7	-32	-0.03	-14.6	-35.6	-23.3	-13	-5.8
Profit		5.11	41.66	52.98	15.32	19.29	118.85	10.66	93.88	93.60	56.38

โดยฟังก์ชัน Solver เป็นอีกเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ What-If Analysis แบบย้อนกลับ คือทราบผลลัพธ์ (Output) จากนั้น Microsoft Excel จะคำนวณหาเซลล์ Input ให้ โดยเซลล์ Input อาจมีได้หลายเซลล์ และสามารถกำหนดเงื่อนไขในการคำนวณได้หลากหลาย รวมถึงกำหนดให้ Excel คำนวณค่าโดยให้ได้ผลลัพธ์สูงสุดหรือต่ำสุด ซึ่งในกรณีคำนวณลำดับการตัดที่เหมาะสมที่ทำให้ได้กำไรรวมสูงสุด ซึ่งในตารางที่ 4.13 ลำดับการตัดในแต่ละช่วงจะมีกำไรแตกต่างกัน จากเงื่อนไขที่ว่าตัดแปลงอ้อยแปลงแรกให้เสร็จแล้วจึงไปตัดอีกแปลงอีกแปลงหนึ่งถัดไปจนครบตามจำนวนที่ได้วางแผนการตัดไว้ นั่นหมายความว่ามีการตัดแปลงสลับหรือซ้ำกันกับแปลงเดิมที่ตัดไปแล้ว จากเงื่อนไขดังกล่าวสามารถใช้ Solver เพื่อคำนวณค่าออกมา ดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 หน้าต่างการกำหนดค่าใน Solver เพื่อคำนวณลำดับการตัดที่เหมาะสมที่ทำให้ได้กำไรรวมสูงสุด

จากภาพที่ 4.15 พบว่า Set Objective: เป็นเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการในที่นี้ คือ B88 (กำไรรวม) ในส่วนของ To: เป็นการกำหนดให้ผลลัพธ์นั้นเป็นเท่าไร ซึ่งสามารถกำหนดให้คำนวณหาค่าสูงสุด (Max), ค่าต่ำสุด (Min) หรือกำหนดค่าที่ต้องการเอง (Value of) ในที่นี้ต้องการกำไรรวมสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดเป็นหาค่าสูงสุด (Max) ถัดไปเป็น By Changing Variable Cells: เป็นเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า ในที่นี้เป็นเซลล์แสดงหมายเลขในแต่ละแปลงในกรณีศึกษาซึ่งมีทั้งหมด 39 แปลง และสุดท้ายคือ Subject to the Constraints: เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการคำนวณ ในที่นี้ก็คือ ไม่มีการตัดหมายเลขแปลงสลับหรือซ้ำกันกับแปลงเดิมที่ตัดไปแล้ว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ดีจะเป็นกำไรสูงสุดที่จะได้รับในช่วงเวลาหนึ่งที่มีลำดับการตัดตามที่โปรแกรมได้รายงานเอาไว้

แบบจำลองนี้ยังขาดความถูกต้องของผลลัพธ์เนื่องจากข้อมูลในหลายๆ ส่วน เช่น การเก็บข้อมูลด้านความหวาน น้ำหนักอ้อย เวลาในการปลูก รื้อแปลง ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์อ้อย และพื้นที่เพาะปลูกยังไม่ได้มีการบันทึก นอกจากนั้นยังต้องเข้าใจเหตุผลการวิธีการจัดลำดับแต่เดิมของเกษตรกร ต้องคำนึงถึงความเท่าเทียมกันของผลประโยชน์ที่เกษตรกรเจ้าของแปลงจะได้รับถ้ามีการปรับเปลี่ยนลำดับการตัดเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยุติธรรม ทางโรงงานได้รับทราบถึงความสำคัญในด้านการเก็บข้อมูลเพิ่มในส่วนนี้ ผลการดำเนินงานในส่วนนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.1 และ 1.2.2 โดยมีการแสดงวิธีการใช้และการส่งมอบโปรแกรมและวิธีใช้งานให้แก่เจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลในกรณีที่ 1 เรียบร้อยแล้ว

4.2 ผลการศึกษาโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

คณะวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิจากโรงงานในกรณีศึกษาที่ 2 คณะวิจัยได้สรุปข้อมูลด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงงานในปีการผลิตที่ 2558/2559 และ 2560/2561 เพื่อให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพในการดำเนินงานของโรงงาน และวิเคราะห์หาช่องทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในฤดูการถัดไป ดังข้อ 4.2.1 ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาสร้างแบบจำลองการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาล ด้วยภาษา visual basic บนโปรแกรม excel ดังหัวข้อ 4.2.2 ผู้วิจัยยังได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขึ้นต่ำดังหัวข้อ 4.2.3 ซึ่งสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งแบบขนตรงด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ดังหัวข้อ 4.2.4 สุดท้ายคณะวิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งแบบขนตรงด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด โดยแต่ละหัวข้อรายละเอียดดังต่อไปนี้คณะวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิจากโรงงานในกรณีศึกษาที่ 2 คณะวิจัยได้สรุปข้อมูลด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงงานในปีการผลิตที่ 2558/2559 และ 2560/2561 เพื่อให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพในการดำเนินงานของโรงงาน และวิเคราะห์หาช่องทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในฤดูการถัดไป ดังข้อ 4.2.1 ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาสร้างแบบจำลองการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาล ด้วยภาษา visual basic บนโปรแกรม excel ดังหัวข้อ 4.2.2 ผู้วิจัยยังได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขึ้นต่ำดังหัวข้อ 4.2.3 ซึ่งสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งแบบขนตรงด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 2 ชุด ดังหัวข้อ 4.2.4 สุดท้ายคณะวิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งแบบขนตรงด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 2 ชุดคณะวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิจากโรงงานในกรณีศึกษาที่ 2 คณะวิจัยได้สรุปข้อมูลด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงงานในปีการผลิตที่ 2558/2559 และ 2560/2561 เพื่อให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพในการดำเนินงานของโรงงาน และวิเคราะห์หาช่องทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในฤดูการถัดไป ดังข้อ 4.2.1 ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาสร้างแบบจำลองการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาล ด้วยภาษา visual basic บนโปรแกรม excel ดังหัวข้อ 4.2.2 ผู้วิจัยยังได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขึ้นต่ำดังหัวข้อ 4.2.3 ซึ่งสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งแบบขนตรงด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 2 ชุด ดังหัวข้อ 4.2.4 สุดท้ายคณะวิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งแบบขนตรงด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลาก 2 ชุด

4.2.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2558/2559 และ ปี 2560/2561

เปรียบเทียบสถิติการขนส่งอ้อยช่วงระหว่างปีการผลิต 2558/2559 และ ปี 2560/2561 ของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 โดยโรงงานกรณีศึกษาดังกล่าวจะรับน้ำตาลในจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลักได้แก่ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดอุบลราชธานี เป็นต้น ซึ่งในภูมิภาคที่ตั้งโรงงานนั้นคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยมากที่สุดในประเทศไทย ดังนั้นในปีการผลิต 2560/2561 โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 มีปริมาณอ้อยทั้งหมด 3,183,478 ตัน คิดเป็นร้อยละ 5.13 ของปริมาณอ้อยทั้งหมดของโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด ทั้งนี้ทำให้ในช่วงเวลาเปิดหีบตั้งแต่เดือนธันวาคมไปจนถึงประมาณเดือนพฤษภาคมในปีถัดไปการขนส่งอ้อยเข้ามายังโรงงานน้ำตาลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจำนวนรถเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2558/2559 และ 2560/2561 ได้ดังตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 จำนวนรถเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2558/2559 จำแนกตามดัมพ์

ประเภทรถ	จำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยในแต่ละดัมพ์ (หน่วย: คัน)										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
รถเล็กโยน	19	27	39	54	51	6,818	80	6,647	165	965	14,865
รถเล็กดัมพ์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	708	708
รถบรรทุก 6 ล้อ	2	1	1	-	2	-	-	-	10	3996	4,012
รถพ่วงลูก	176	85	98	6,768	6,743	38	24	33	45	333	14,343
รถ 10 ล้อ (พ่วงแม่)	1	3	2	1	1	142	6,858	204	6,651	984	14,847
รถบรรทุก 10 ล้อเดี่ยว	4	4	7	5	4	3		3	1	6	37
รถพ่วง 12 ล้อ	187	177	206	3	8	19	22	24	21	20	687
รถเทลเลอร์ 18 ล้อ	7,047	7,163	7,111	540	494	381	390	406	359	361	24,252
รถเทลเลอร์ 22 ล้อ	1	-	-	-	-	-	-	-	6	782	789
รวม	7,437	7,460	7,464	7,371	7,303	7,401	7,374	7,317	7,258	8,155	74,540

ตารางที่ 4.15 จำนวนรถเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2560/2561 จำแนกตามดัมพ์

ประเภทรถ	จำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยในแต่ละดัมพ์ (หน่วย: คัน)										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
รถเล็กโยน	18	12	15	10	9	9	6	8	8	15	110
รถเล็กตัม	193	162	147	12	16	16	12	8	16	22	604
รถบรรทุก 6 ล้อ	11,569	11,601	11,499	1,636	1,518	69	58	52	38	50	38,090
รถพ่วงลูก	15	11	14	7	11	1,140	11,556	1,263	10,904	985	25,906
รถ 10 ล้อ (พ่วงแม่)	479	473	538	794	780	10,962	386	10,290	455	720	25,877
รถบรรทุก 10 ล้อเดี่ยว	374	338	402	10,044	9,755	25	24	23	33	282	21,300
รถพ่วง 12 ล้อ	1	-	2	2	6	2	-	-	14	1,117	1,144
รถเทรลเลอร์ 18 ล้อ	3	-	-	2	-	-	-	1	27	1,732	1,765
รถเทรลเลอร์ 22 ล้อ	8	1	-	-	1	1	2	5	125	6,803	6,946
รวม	12,660	12,598	12,617	12,507	12,096	12,225	12,044	11,650	11,620	11,727	121,744

จากตารางข้างต้นนี้ พบว่า โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 มีรถบรรทุกที่บรรทุกอ้อยเข้าสู่โรงงานหลากหลายประเภท ซึ่งในช่วงปีปัจจุบัน 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเฉลี่ยเข้าโรงงานเพิ่มขึ้นกว่าช่วงปีที่ผ่านมาถึง 63.30% โดยประเภทรถที่มากที่สุดได้แก่ รถบรรทุก 6 ล้อ รถพ่วง รถบรรทุก 10 ล้อ และรถเทรลเลอร์ 22 ล้อ (กึ่งพ่วง) เป็นต้น นอกจากนี้ในช่วงปีที่ผ่านมาโรงงานน้ำตาลในกรณีศึกษาที่ 2 ต้องการทดลองใช้ระบบการขนส่งอ้อยด้วยรถเทรลเลอร์ 22 ล้อ (กึ่งพ่วง) โดยได้ว่าจ้างผู้รับเหมารายหนึ่งให้รับผิดชอบขนน้ำตาลจากสถานีขนถ่าย 3 สถานีด้วยกันคือ แล้วกำหนดสิทธิในการเทอ้อยของรถบรรทุกประเภทนี้ในคัมพ์หมายเลข 10 โดยเป็นการทดลองของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ในกรณีที่มีการใช้รถเทรลเลอร์ 22 ล้อ (กึ่งพ่วง) ซึ่งเป็นระบบขนส่งผ่านสถานีขนถ่ายมาใช้ในระบบขนส่งอ้อยแล้ว จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งเมื่อเทียบกับการขนส่งแบบเดิมนั้นคือการขนส่งแบบทางโดยหัวลาก 1 ชุด

ส่วนของเวลารอเฉลี่ยของรถบรรทุก 22 ล้อในช่วงปีปัจจุบัน 2560/2561 มีระยะเวลารอน้อยลงกว่าช่วงปีที่ผ่านมา 1.2% โดยเวลารอเฉลี่ยของปีปัจจุบันอยู่ที่ 238.29 นาที ทั้งนี้การที่มีเวลารอที่น้อยลงอาจส่งผลมาจากจำกัดรถที่เข้าลานใน โดยข้อมูลแสดงได้ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17

ตารางที่ 4.16 เวลารอเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2558/2559 จำแนกตามดัมพ์

ประเภทรถ	เวลารอเฉลี่ยในแต่ละดัมพ์ (หน่วย: คัน)										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
รถเล็กโยน	155	323	186	47	42	302	-	34	39	107	143
รถเล็กดัมพ์	342	338	311	224	212	152	175	178	209	220	306
รถบรรทุก 6 ล้อ	385	380	379	290	280	253	248	247	239	246	366
รถพ่วงลูก	503	296	346	377	1246	418	501	517	501	407	494
รถ 10 ล้อ (พ่วงแม่)	386	332	444	440	527	500	488	502	496	407	494
รถบรรทุก 10 ล้อเดี่ยว	204	287	259	329	325	122	175	181	172	181	320
รถพ่วง 12 ล้อ	240	-	-	-	-	-	-	-	99	177	177
รถเทลเลอร์ 18 ล้อ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	221	221
รถเทลเลอร์ 22 ล้อ	232	623	410	-	284	-	-	-	149	221	221
รวม	380	378	375	327	323	483	485	486	484	261	397

ตารางที่ 4.17 เวลาเฉลี่ยที่เข้าโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2560/2561 จำแนกตามดัมพ์

ประเภทรถ	เวลาเฉลี่ยในแต่ละดัมพ์ (หน่วย: คัณ)										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
รถเล็กโยน	44	39	53	35	38	37	32	36	24	46	40
รถเล็กดั้ม	254	264	236	149	257	225	188	190	199	110	241
รถบรรทุก 6 ล้อ	289	287	284	233	229	201	192	221	217	235	282
รถพ่วงลูก	167	223	256	280	304	361	403	358	399	319	394
รถ 10 ล้อ (พ่วงแม่)	366	349	357	345	349	405	397	403	353	323	395
รถบรรทุก 10 ล้อเดี่ยว	186	180	178	236	231	184	195	206	200	204	230
รถพ่วง 12 ล้อ	107	-	235	198	243	324	-	-	163	176	177
รถเทลเลอร์ 18 ล้อ	210	-	-	428	-	-	-	122	236	222	222
รถเทลเลอร์ 22 ล้อ	248	93	-	-	98	479	262	110	248	218	219
รวม	288	286	283	243	238	399	401	397	393	229	315

ในส่วนของการขนส่งอ้อยในประเภทรถเทรลเลอร์ (กึ่งพ่วง) 22 ล้อ ที่เป็นประเภทรถบรรทุกในรูปแบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด สามารถเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติปีการผลิต 2558/2559 กับ 2560/2561 ซึ่งแบ่งประเภทในการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ ปริมาณอ้อย และเวลาในการรอ โดยข้อมูลในปี 2559 เป็นข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2558 - มีนาคม 2559 ส่วนข้อมูลในปี 2561 เป็นข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2560 - พฤษภาคม 2561 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.18

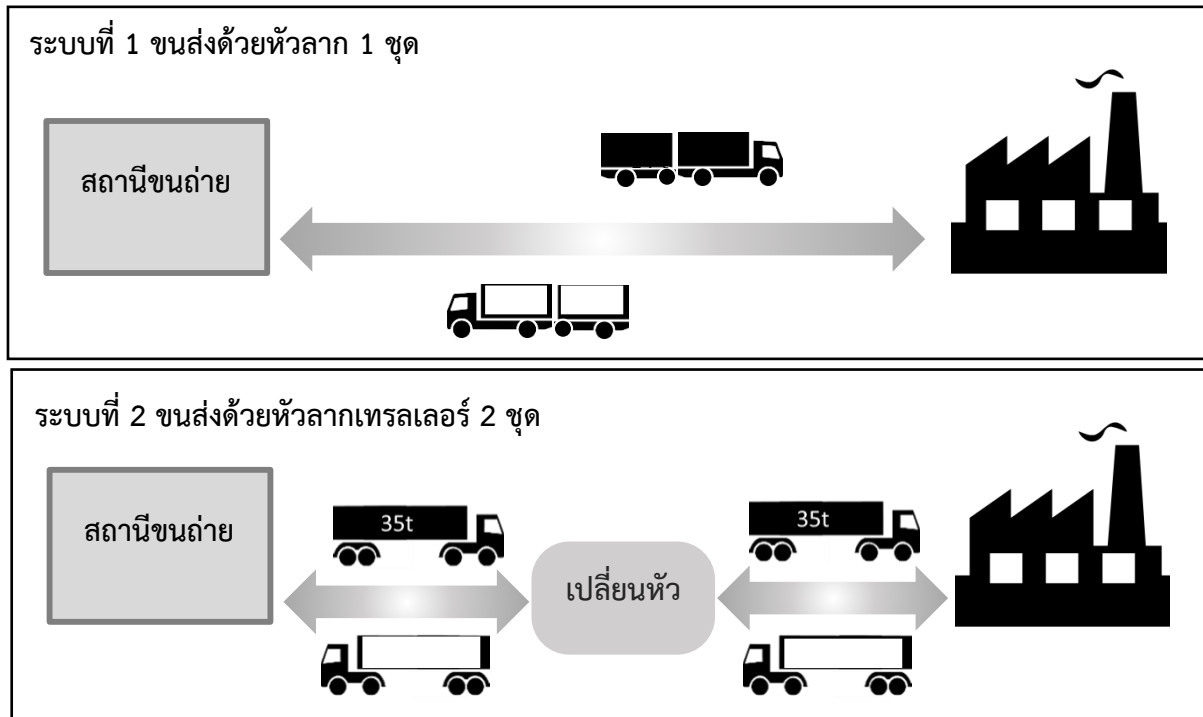
ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2558/2559 กับ 2560/2561

เดือน	2558/2559		2560/2561			
	ค่าเฉลี่ยเวลารอ (นาท)	จำนวนรถ เข้าโรงงาน (คัน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (ตัน)	น้ำหนักรวม (ตัน)	ค่าเฉลี่ยเวลารอ (นาท)	จำนวนรถ เข้าโรงงาน (คัน)
ธ.ค.	275.61	1,022	37.96	60,355.62	210.23	18,859
ม.ค.	233.21	1,179	38.91	63,298.89	223.00	18,178
ก.พ.	215.52	1,225	39.27	67,353.64	280.65	24,748
มี.ค.	134.77	586	36.73	54,622.22	183.98	10,828
เม.ย.	0	0	33.87	16,120.19	175.44	2,261
พ.ค.	0	0	31.34	1,598.45	275.69	133

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ในปีการผลิต 2558/2559 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยประเภทรถเทรลเลอร์ (กึ่งพ่วง) 22 ล้อ เข้าโรงงาน 4,012 คัน ส่วนในปีการผลิต 2560/2561 มีจำนวนรถบรรทุกอ้อยเข้าโรงงาน 75,007 คัน และน้ำหนักอ้อยเข้าโรงงานรวม 263,349.01 ตัน ซึ่งในช่วงเดือนที่มีอ้อยเข้ามากที่สุดเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 67,353.64 ตัน ทั้งนี้ปริมาณอ้อยมีแนวโน้มปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสภาพอากาศและภูมิประเทศของไทยที่เอื้ออำนวยต่อปริมาณอ้อยรวมถึงการช่วยเหลือจากภาครัฐบาลและความต้องการบริโภคน้ำตาลของภาคครัวเรือนที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเวลารอของการผลิต 2560/2561 ซึ่งเป็นปีปัจจุบันมีมากกว่าปี 2558/2559 โดยในปีการผลิตดังกล่าวมีเวลารอเฉลี่ยตลอดทั้งฤดูกาลประมาณ 224.83 นาท โดยเวลารอนานจะอยู่ในช่วงต้นฤดูหีบอ้อยในเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

4.2.2) แบบจำลองการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล

คณะวิจัยในทำการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel โดยจำลองการเดินทางของรถจาก 1 และ 2 สถานี โดยวัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้คือการทดลองหาจำนวนหัวลากและเทรลเลอร์ (หาง) ที่เหมาะสมกับระยะทาง จึงทำการออกแบบการทดลองโดยมีระยะเวลาในการทำกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ดังตารางที่ 4.19 ซึ่งสามารถแสดงรูปแบบระบบการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณี 2 ได้ดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด

ตารางที่ 4.19 แผนการแทนค่าเวลาการจำลองการเดินทางของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วง

ID	รถและขึ้นอ้อย		แปลง 1 ไปลาน	แปลง 2 ไปลาน	ลานไป เท	ลานไป แปลง 1	ลานไป แปลง 2	รางเท ไปลาน	รถและเท	
	แปลง 1	แปลง 2							แปลง 1	แปลง 2
2.2.21			80	89	10	64	72	8		
2.2.22			60	72	30	48	58	24		
2.2.23			61	69	30	49	56	24		
2.2.24	55	45	64	68	30	51	55	24	23	
2.2.25			30	50	60	24	40	48		
2.2.26			33	42	60	27	34	48		
2.2.27			43	38	60	34	31	48		
2.2.28			16	29	81	13	23	65		

หมายเหตุ เวลาในการเข้าเทอ้อย รวมเวลาจากกิจกรรมภายในที่เกิดขึ้นในลานใน คือ การซังเข้า เดินทาง เท และ ซังออก

เมื่อหาจำนวนรถที่เหมาะสมจากแบบจำลองโดยใช้วิธี Brute force search แล้วพบว่าการใช้รถหัวลาก 2 ชุด มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับรถบรรทุก 1 ชุด

ตารางที่ 4.20 จำนวนรถขนส่งที่เหมาะสมจากแบบจำลองโดยใช้วิธี Brute force search

จำนวน หัวลาก ที่แปลง 1	จำนวน หัวที่ แปลง 2	จำนวน หัวที่ โรงงาน	จำนวน เทรลเลอร์ 1	จำนวน เทรลเลอร์ 2	ต้นทุน คงที่, บาท	ต้นทุน ผันแปร, บาท	น้ำหนัก อ้อย, ตัน
5	6				39,097	148,157	2,010
4	5	2	5	6	39,168	148,157	2,010
3	4	4	5	7	39,734	150,509	2,010
3	4	4	5	6	39,168	148,941	2,010
3	4	4	5	6	39,168	148,262	1,980
2	3	6	5	7	39,734	152,100	1,950
2	3	6	5	6	39,168	150,579	1,980
2	3	5	4	6	35,607	143,454	1,830
2	3	7	5	7	42,729	159,845	1,980

ผลการดำเนินงานในส่วนนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.1 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำในการขนส่งในหัวข้อ 4.2.3 นอกจากนั้นยังได้เผยแพร่ตีพิมพ์ในการประชุมระดับนานาชาติในหัวข้อ A simulation to compare single-loop and double-loop sugarcane transportation protocols. ดังอ้างอิงในส่วนบรรณานุกรม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.5

4.2.3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำ

ในสถานการณ์ที่รถวิ่งรับส่งอ้อยได้ตามปกติ การขนส่งอ้อยจากจุด A ไปจุด B

กำหนดให้ **Cycle** หรือ รอบ คือระยะเวลาในการเรียกรถบรรทุกเข้าเต โดย 1 รอบจะประกอบด้วยรอบการเรียกย่อยๆ เรียกควอเตอร์ รอบมีหน่วยเป็น (ชั่วโมง)

Trip หรือ เที่ยว คือระยะเวลาที่รถบรรทุกเดินทางส่งอ้อยจากจุด A ไปที่จุด B และ กลับมายังจุด A อีกครั้ง โดยเวลานี้รวมถึงกิจกรรมระหว่างการเดินทางเช่นการพักยาง เติมน้ำมัน และอื่นๆ

W คือปริมาณอ้อยทั้งหมดที่ต้องขนส่งในระยะเวลา 1 รอบ (ตัน)

Cap คือความจุของรถบรรทุกสามารถบรรทุกอ้อยได้ (ตัน)

ในสถานการณ์ที่รถวิ่งรับส่งอ้อยได้ตามปกติ การขนส่งอ้อยจากจุด A ที่มีอ้อยจำนวน W มาจุด B ทั้งหมดในเวลา D วัน จะต้องใช้รถบรรทุกที่มีความจุ Cap จำนวน $\frac{W}{Cap} \cdot \frac{Trip}{Cycle}$ คัน โดยเมื่อค่าที่ได้เป็นทศนิยมต้องปัดค่าที่ได้ขึ้นให้เป็นจำนวนเต็ม

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าสถานีที่มี อ้อย 60,000 ตัน โดย มีจำนวนรอบในการเรียกเข้า 100 รอบ รอบละ 1800 นาที ใช้รถขนาด 35 ตันขนส่ง โดยมีเวลาวิ่งไปกลับถึงจุดหมายต่อเที่ยวประมาณ $360+300+10+20+120 = 810$ นาที เพราะฉะนั้น จำนวนรถอย่างน้อย เท่ากับ $\frac{600}{35} \cdot \frac{810}{1,800} = 7.71$ หรือประมาณ 8 คัน ในกรณีที่มีการขนส่งแบบ 2 ต่อ เราสามารถนำสูตรนี้ไปใช้ในการคำนวณจำนวนรถบรรทุกหรือหัวลากในแต่ละช่วงได้

ตัวอย่างที่ 2 รถกึ่งพ่วงชุดที่หนึ่ง ทำหน้าที่ขนอ้อยจากสถานีมาส่งที่ลาน และชุดที่ 2 ทำหน้าที่ขนอ้อยเข้าเตดังรูปที่ 7 เวลาในการทำกิจกรรมของรถหัวลากชุดที่ 1 คือ $360 + 300 + 5 + 5 = 670$ นาที ในขณะที่เวลาในการทำกิจกรรมของรถหัวลากชุดที่ 2 คือ $120 + 20 + 5 + 5 = 150$ นาที

จะเห็นว่าการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดมีเวลารวมมากกว่าเนื่องจากต้องเสียเวลาถอดและต่อลูกพ่วง 4 ครั้ง ครั้งละประมาณ 5 นาที ดังนั้นรถหัวลากชุดที่หนึ่งต้องมีจำนวนอย่างน้อย $\frac{600}{35} \cdot \frac{670}{1,800} = 6.38 \approx 7$ คัน และ รถหัวลากชุดที่สองต้องมีจำนวนอย่างน้อย $\frac{600}{35} \cdot \frac{150}{1,800} = 1.42 \approx 2$ คัน โดยรถทั้งหมดจะมีเวลารวบรวมประมาณ $((1 - 0.38) + (1 - 0.42)) \cdot 1,800 = 2,160$ นาที หรือคิดเป็น 13.33% จากเวลา

ทำงานของรถทุกคัน เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนรถที่ต้องใช้ในตัวอย่างที่ 1 และ 2 จะเห็นว่า ที่ปริมาณอ้อยเท่ากัน การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด โดยใช้รถชุดเดียวจะต้องการจำนวนรถอย่างน้อย 8 คัน ในขณะที่ การขนส่งโดยใช้รถ 2 ชุดจำเป็นต้องมีรถอย่างน้อย 9 คัน

จากตัวอย่างทั้งสองข้างต้น เมื่อมีระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด ใช้รถจำนวน 8 คันใช้เวลาขนส่งเที่ยวละ 810 นาทีเพราะฉะนั้น อัตราการส่งอ้อยคือ $8/810 * 1,800 = 17.78$ คันต่อรอบ ในขณะที่อัตราการขนส่งด้วยระบบการขนส่งผ่านจุดเปลี่ยนหัวลาก จะขึ้นกับอัตราการขนส่งที่น้อยที่สุดของทั้งสองชุด โดยอัตราการส่งอ้อยของชุดที่ 1 ที่รถจำนวน 7 คันใช้เวลาขนส่งเที่ยวละ 670 นาที คือ $7/670 * 1,800 = 18.81$ คันต่อรอบ ส่วนอัตราการส่งอ้อยของชุดที่ 2 รถจำนวน 2 คันใช้เวลาขนส่งเที่ยวละ 150 นาที คือ $2/150 * 1,800 = 24$ คันต่อรอบ จะเห็นได้ว่าอัตราการขนส่งอ้อยของรถชุดที่ 1 น้อยกว่า ชุดที่ 2 เพราะฉะนั้นจะมีอัตราการส่งอ้อยทั้งระบบจะเท่ากับอัตราการขนส่งอ้อยของรถชุดที่ 1 คือ 18.81 คันต่อรอบ จะเห็นได้ว่าการจัดสรรจำนวนรถให้อัตราการส่งอ้อยของหัวลากทั้งสองชุดมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการขนส่งด้วย 2 ชุดหัวลาก การขนส่งนี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออัตราการขนส่งของทั้งสองชุดเท่ากัน

ผลการดำเนินงานในส่วนนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.1 และ 1.2.2 โรงงานสามารถคำนวณหาจำนวนรถที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากจำนวนรถขั้นต่ำที่คำนวณได้ การเพิ่มจำนวนรถจากจำนวนรถขั้นต่ำต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนของกิจกรรมต่างๆ ในระบบ เช่น รถเสีย ยางแตก ลูกทียบเสีย หรือ ขาดอ้อยเป็นต้น ซึ่งต้องเพิ่มจำนวนรถเพื่อให้เหมาะสมกับความไม่แน่นอนที่มีเพิ่มในระบบโดยอาจใช้สูตรการคำนวณต้นทุนและกำไรของการขนส่งทั้งสองระบบในหัวข้อ 4.2.4 เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ

4.2.4) การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทอร์เลอร์ 2 ชุด

จากแบบจำลองระบบการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล การมีพาหนะสำหรับขนส่งจำนวนมากจะส่งผลให้สามารถขนส่งอ้อยได้มาก แต่การมีจำนวนรถมากเกินไปอาจทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงมากกว่ารายได้ ในงานวิจัยนี้จึงใช้ผลกำไรเป็นตัวชี้วัดหาจำนวนรถที่เหมาะสมเพื่อการขนส่งอ้อยที่มีประสิทธิภาพ โดยกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณหาต้นทุนรวมและผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละสถานีขนถ่าย โดยได้สร้างจากข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงขึ้นมาแก้ปัญหา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้อมูลค่าใช้จ่ายและต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ค่าใช้จ่ายและต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

รายการ	รถกึ่งพ่วง				รถบรรทุก
	หัวลากสถานี	หัวลากลาน	หางพ่วง	หางเพิ่ม	รถพ่วง
ราคา (บาท)	3,050,000.00	3,050,000.00	700,000.00	700,000.00	3,750,000.00
อายุการใช้งาน (ปี)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
ราคาซาก (บาท)	500,000.00	500,000.00	0.00	0.00	500,000.00
ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)	170,000.00	170,000.00	46,666.67	46,666.67	216,666.67
ค่าภาษีรถบรรทุก (บาท/ปี)	10,000.00	10,000.00	0.00	0.00	10,000.00
ค่าประกันภัยบุคคลที่ 3 (พ.ร.บ.) (บาท/ปี)	20,000.00	0.00	0.00	0.00	20,000.00
รวมค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี	200,000.00	180,000.00	46,666.67	46,666.67	246,666.67
จำนวนรอบที่ใช้	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
จำนวนรอบทำงาน	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อ (รอบ)	1,250.00	1,125.00	291.67	291.67	1,541.67
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน (ขาไป) (ลิตรต่อกม)	0.60				
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน (ขากลับ) (ลิตรต่อกม)	0.40				
ราคาน้ำมันเท่ากับ (บาทต่อลิตร)	27.00				
ยาง กะทะล้อ (บาทต่อกม)	1.50				
น้ำมันเครื่อง ใส่กรอง (บาทต่อกม)	0.50				
ค่าคนขับ1 (% ต่อรายได้) (บาท)	0.10				
ค่าคนขับ2 (บาทต่อเดือน)		15,000.00			

จากการเปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ต้นทุนของกระบวนการขนส่ง ทั้งนี้ได้พิจารณาทั้งต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรที่เกิดขึ้นในโดยต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย 1) ค่าเสื่อมราคารถขนส่ง 2) ค่าภาษีรถ 3) ค่าประกันภัยบุคคลที่ 3 หรือ ค่าพ.ร.บ. และ 4) เงินเดือนคนขับรถในลานโรงงานน้ำตาล ส่วนต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย 1) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 2) ค่ายางและอะไหล่ 3) ค่าน้ำมันเครื่องและไส้กรอง และ 4) ค่าจ้างคนขับรถระหว่างสถานีขนถ่ายและลานภายในโรงงานน้ำตาล หลังจากนั้นจึงคำนวณผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel โดยการกำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) กำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ปัญหาและการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและกำไรของการขนส่งจากสถานีขนถ่ายเข้าสู่โรงงานโดยใช้หัวลาก 1 ชุดที่มีการใช้รถพ่วง และการขนส่งแบบใหม่ที่มีการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดที่มีการใช้รถกึ่งพ่วง สามารถประยุกต์ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดสรรจำนวนของหัวลากและทางของแต่ละสถานีขนถ่ายอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1.1) ดัชนีและเซต (Indices and Sets)

ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้ ได้กำหนดดัชนีอักษรแทนตัวแปรดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.22 ดัชนีและเซตในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ดัชนี	เซต
i = สถานีขนถ่าย	$I = \{1, \dots, N\}$ โดย N = สถานีขนถ่ายแต่ละแห่ง
j = โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2	$J = \{1, \dots, M\}$ โดย M = โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

1.2) ค่าคงที่ (Parameters)

ค่าคงที่ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย

1.2.1) ค่าคงที่สำหรับการคำนวณต้นทุนและรายได้จากการขนส่ง

D_i	=	ระยะทางจากสถานีขนถ่าย i ถึงลานในโรงงาน (กิโลเมตร)
T_c	=	ราคารถพ่วง (บาทต่อคัน)
H	=	ราคาหัวลาก (บาทต่อคัน)
T	=	ราคาหางลาก (บาทต่อคัน)
Y	=	อายุการใช้งานของยานยนต์ขนส่งอ้อยทุกประเภท (ปี)
S	=	มูลค่าซากของยานยนต์ขนส่งอ้อยทุกประเภท (บาท)
t	=	ภาษีรถบรรทุก (บาทต่อปี)
IN	=	ค่าประกันภัยบุคคลที่ 3 (บาทต่อปี)
Lf	=	อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันขาไป (ลิตรต่อกิโลเมตร)
Rf	=	อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันขากลับ (ลิตรต่อกิโลเมตร)
Fc	=	ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง (บาทต่อลิตร)
Tr	=	อัตราการใช้งานยาง และกระทะล้อ (บาทต่อกิโลเมตร)

Mr	=	อัตราการใช้น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง (บาทต่อกิโลเมตร)
w	=	อัตราค่าจ้างพนักงานขับรถในลานโรงงานน้ำตาล (บาทต่อกิโลเมตร)
Sw	=	เงินเดือนพนักงานขับรถขนส่งอ้อย (บาทต่อเดือน)
Re	=	รายได้ค่าขนส่งแต่ละสถานีขนถ่าย i (บาทต่อเดือน)
ℓ	=	อัตราเงินยืมยานพาหนะบรรทุกอ้อย (ร้อยละต่อปี)

1.2.2) ค่าคงที่สำหรับระยะเวลาในการขนส่ง

α_i	=	ระยะเวลาในการรอเทอ้อยจากสถานีขนถ่าย i (กิโลเมตร)
β_i	=	ระยะเวลาในการเทอ้อยจากสถานีขนถ่าย i (กิโลเมตร)
γ_i	=	ระยะเวลาในการต่อปล่อยหางจากสถานีขนถ่าย i (กิโลเมตร)
δ_i	=	ระยะเวลาในการวิ่งไปโรงงานจากสถานีขนถ่าย i (กิโลเมตร)
ε_i	=	ระยะเวลาในการวิ่งกลับโรงงานจากสถานีขนถ่าย i (กิโลเมตร)
ζ_i	=	ระยะเวลาในการโหลดอ้อยจากสถานีขนถ่าย i (กิโลเมตร)

1.2.3) ค่าคงที่สำหรับการคำนวณการจัดการการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายสู่โรงงานน้ำตาล

AV	=	ความเร็วเฉลี่ยขาไปโรงงานน้ำตาล (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
LV	=	ความเร็วเฉลี่ยขาออกโรงงานน้ำตาล (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
CF	=	จำนวนรอบ (นาที)
CW	=	จำนวนรอบเวลาทำงาน (นาที)
$Cycle$	=	เวลาใน 1 รอบ (นาที)
V	=	ขนาดของรถขนส่งอ้อย (ตัน)
G	=	น้ำหนักอ้อยเที่ยวละ (ตัน)
DF	=	เวลาที่คนขับทำงานใน 1 รอบ (นาที)
WT_i	=	เป้าหมายปริมาณอ้อยของแต่ละสถานีขนถ่าย i (ตัน)

1.3) สูตรทางคณิตศาสตร์

ทางผู้วิจัยสามารถกำหนดสูตรทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณต้นทุนและกำไรของการขนส่งจากสถานีขนถ่ายเข้าสู่โรงงานโดยใช้หัวลาก 1 ชุดที่มีการใช้รถพ่วง และการขนส่งแบบใหม่ที่มีการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดที่มีการใช้รถกึ่งพ่วง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1) สูตรสำหรับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายสู่โรงงานน้ำตาล

1.3.1.1) จำนวนบัตรคิวของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงของแต่ละสถานีขนถ่าย (Number of Queue for trucks and semi-trailers in each Loading Station: Q_i)

$$Q_i = \frac{WT_i}{V \times CF} \quad (1)$$

ดังนั้นถ้าสมมติว่าสถานีโนนคูณมีเป้าหมายปริมาณอ้อยเท่ากับ 60,000 ตัน โดยที่ขนาดบรรทุกเท่ากับ 35 ตัน และจำนวนหนึ่งรอบในการเดินรถที่ใช้เท่ากับ 100 นาที ดังนั้นจะมีจำนวนบัตรคิวของสถานีโนนคูณ (สถานีขนถ่ายลำดับที่ 20) เท่ากับ $Q_{20} = \frac{60,000}{35 \times 100} = 17.2$ คิว

จากสมการ (1) ผู้วิจัยได้กำหนดน้ำหนักของรถที่บรรทุกอ้อยไว้อยู่ที่เฉลี่ยละ 35 ตัน และจำนวนหนึ่งรอบในการเดินรถที่ใช้เท่ากับ 100 นาที

1.3.1.2) จำนวนบัตรคิวของหัวลากรถกึ่งพ่วงในลานในโรงงานน้ำตาล (Number of Queue of tractors for semi-trailers in sugar mill: Q_j)

$$Q_j = \sum_{i=1}^N Q_i \quad (2)$$

1.3.1.3) เวลาต่อรอบของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานีขนถ่าย (Period of per Cycle Time for trucks and semi-trailers in each Loading Station: C_i)

$$C_i = \alpha_i + \beta_i + \gamma_i + \delta_i + \varepsilon_i + \zeta_i + \gamma_i \quad (3)$$

1.3.1.4) เวลาต่อรอบแต่ละสถานีขนถ่าย (Period of per Cycle Time of tractors for semi-tractors in sugar mill: C_j)

$$C_j = \alpha_j + \beta_j + \gamma_j + \delta_j + \varepsilon_j + \zeta_j + \gamma_j \quad (4)$$

1.3.1.5) จำนวนหัวลากของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานีขนถ่าย (Number of Tractors for trucks and semi-trailers in each Loading Station : T_i)

$$T_i = \frac{Q_i}{\frac{Cycle}{C_i}} \text{ โดยที่ } T_i < U_i \text{ เมื่อ } U_i = \frac{C_i}{\zeta_i} \quad (5)$$

จากสมการ (5) จำนวนหัวลากของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงที่สถานีจะต้องมีค่าน้อยกว่าขอบเขตบนจำนวนหัวลากที่สถานี เมื่อ U_i คือ จำนวนหัวลากที่ทำให้สถานีขนถ่ายเทอ้อยได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งการมีจำนวนหัวลากมากกว่านี้จะเกิดการคอยที่ไม่จำเป็น

1.3.1.6 จำนวนหัวลากของรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Number of Tractors for semi-trailers in sugar mill : M_j)

$$M_j = \frac{Q_j}{\frac{Cycle}{C_j}} \text{ โดยที่ } M_i < X_j \text{ เมื่อ } X_j = \frac{C_j}{\beta_j} \quad (6)$$

จากสมการ (6) จำนวนหัวลากที่สถานีจะต้องที่ค่าน้อยกว่าขอบเขตบนจำนวนหัวลากที่สถานี เมื่อ X_i คือ จำนวนหัวลากที่ทำให้สถานีขนถ่ายโหลดอ้อยได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งการมีจำนวนหัวลากมากกว่านี้ จะเกิดการคอยที่ไม่จำเป็น

1.3.1.7) จำนวนหางลากของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานีขนถ่าย (Number of trailer for semi-trailers in each the loading statins: L_i)

$$L_i = T_i + E \quad (7)$$

จากสมการ (7) E คือ จำนวนหางพ่วงของรถกึ่งพ่วงมีเพียงพอที่ทำให้รถหัวลากไม่ต้องรอภายในลานของโรงงานน้ำตาล

1.3.1.8) จำนวนหางลากของรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Number of trailers for semi-trailers in sugar mill: N_j)

$$N_j = M_j \quad (8)$$

1.3.1.9) กำลังการเทของแท่นเท (Dump Capacity: C) สามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$CD = \frac{Cycle}{\beta_i} \quad (9)$$

1.3.1.10) ปริมาณกำลังการผลิตของแท่นเท (Loading quantity capacity: CQ)

$$CQ = \frac{Cycle}{\zeta_i} \quad (10)$$

1.3.2) สูตรสำหรับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่ง

1.3.2.1) ค่าเสื่อมราคาบรรทุกทุก (Deprecation of Trailers) โดยประยุกต์ฟังก์ชันทางการเงินคือ PMT เพื่อคำนวณหายอดการชำระเงินสำหรับเงินกู้ หรือการผ่อนชำระต้องงวดจากการกู้ยืมซื้อรถขนส่งอ้อยของโรงงานในกรณีศึกษาที่ 2 โดยคำนวณจากการชำระเงินคงที่และอัตราดอกเบี้ยคงที่ ซึ่งสูตรในการคำนวณค่าเสื่อมราคาจะแบ่งเป็น 4 ส่วนได้แก่ค่าเสื่อมราคาบรรทุกทุก (DTC) ค่าเสื่อมราคาหัวลากของรถ

กึ่งพ่วง (DH) ค่าเสื่อมราคาทางพ่วงของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (DT) และค่าเสื่อมราคาทางพ่วงของรถกึ่งพ่วงภายในลานของโรงงานน้ำตาล (DTa) และตามลำดับดังนี้

1) ค่าเสื่อมราคาบรรทุก (Deprecation of truck: DTc)

$$DTc = \frac{Tc - \frac{S}{(1+\ell)^Y}}{1 - \frac{1}{(1+\ell)^Y}} \quad (11)$$

2) ค่าเสื่อมราคาหัวลากของรถกึ่งพ่วง (Deprecation of tractors for semi-trailers: DH)

$$DH = \frac{H - \frac{S}{(1+\ell)^Y}}{1 - \frac{1}{(1+\ell)^Y}} \quad (12)$$

3) ค่าเสื่อมราคาหางลากของรถกึ่งพ่วง (Deprecation of trailers for semi-trailers: DT)

$$DT = \frac{T - \frac{S}{(1+\ell)^Y}}{1 - \frac{1}{(1+\ell)^Y}} \quad (13)$$

4) ค่าเสื่อมราคาหางลากเพิ่มเติมของรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Deprecation of added trailers for semi-trailers in sugar mill: DTa)

$$DTa = \frac{T - \frac{S}{(1+\ell)^Y}}{1 - \frac{1}{(1+\ell)^Y}} \quad (14)$$

ดังนั้น ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุกแต่ละประเภท สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

1) ค่าเสื่อมราคาบรรทุก: $DTc = 391,833$ บาทต่อปี

2) ค่าเสื่อมราคาหัวลากของสถานีขนถ่ายและภายในลาน: $DH = 314,976$ บาทต่อปี

3) ค่าเสื่อมราคาหางพ่วง: $DT = 76,856$ บาทต่อปี

4) ค่าเสื่อมราคาหางพ่วงเพิ่มเติม: $DTa = 67,440$ บาทต่อปี

1.3.2.2) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงที่ใช้ในแต่ละสถานี (Usage fuel cost for trucks and semi- trailers in each loading station: FV_i)

$$FV_i = D_i \times (Lf + Af) \times Fc \times Q_i \quad (15)$$

1.3.2.3) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวลากรถกึ่งพ่วงที่ใช้ภายในลานโรงงานน้ำตาล (Usage fuel cost for tractors for semi- trailers in sugar mill: FV_j)

$$FV_j = D_j \times (Lf + Af) \times Fc \times Q_j \quad (16)$$

1.3.2.4) ค่ายาง และกระทะล้อของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงที่ใช้ในแต่ละสถานี (Usage tires and rims cost for trucks and semi- trailers in each Loading Station Cost: RV_i)

$$RV_i = D \times 2 \times Tr \times Q_i \quad (17)$$

1.3.2.5) ค่ายาง และกระทะล้อของหัวลากรถกึ่งพ่วงที่ใช้ภายในลานโรงงานน้ำตาล (Usage tires and rims cost of tractors for semi- trailers in sugar mill: RV_j)

$$RV_j = D \times 2 \times Tr \times Q_j \quad (18)$$

1.3.2.6) ค่าน้ำมันเครื่องและไส้กรองของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงที่ใช้ในแต่ละสถานี (Usage motor oil and oil fitter cost for trucks and semi-trailers in each loading station: MV_i)

$$MV_i = D_i \times 2 \times Mr \times Q_i \quad (19)$$

1.3.2.7) ค่าน้ำมันเครื่องและไส้กรองของหัวลากรถกึ่งพ่วงที่ใช้ภายในลานโรงงานน้ำตาล (Usage motor oil and oil fitter cost of tractors for semi- trailers in sugar mill: MV_j)

$$MV_j = D_j \times 2 \times Mr \times Q_j \quad (20)$$

1.3.2.8) ค่าจ้างและเงินเดือนคนขับรถขนส่งอ้อยในแต่ละสถานี (Wage and salary cost for trucks and semi-trailers drivers in each loading station: SV_i)

$$SV_i = DW \times SW \times G \times Q_i \quad (21)$$

1.3.2.9) ค่าจ้างและเงินเดือนคนขับหัวลากรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Wage and salary cost of tractors for semi-trailers drivers in each sugar mill: sv_j)

$$SV_j = \frac{cycle}{1440} \times \frac{cycle}{DF} \times M_j \times \frac{Sw}{30} \quad (22)$$

1.3.2.10) ต้นทุนการใช้หัวลากของรถบรรทุกในแต่ละสถานี (Usage tractors for trucks cost in each the loading stations: Ω_i)

$$\Omega_i = T_i \times \left(\frac{DTc + t + IN}{CW} \right) \quad (23)$$

1.3.2.11) ต้นทุนการใช้หัวลากของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (Usage tractors for semi-trailers cost in each the loading stations: Ψ_i)

$$\Psi_i = T_i \times \left(\frac{DH + t + IN}{CW} \right) \quad (24)$$

1.3.2.12) ต้นทุนการใช้หางลากของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (Usage tractors for semi-trailers cost in each the loading stations: Φ_i)

$$\Phi_i = L_i \times \left(\frac{DH}{CW} \right) \quad (25)$$

1.3.2.13) ต้นทุนการใช้หัวลากของรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Usage tractors for semi-trailers cost in sugar mill: HS_j)

$$HS_j = M_j \times \left(\frac{DH + t}{CW} \right) \quad (26)$$

1.3.2.14) ต้นทุนการใช้หางลากของรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Usage tractors for semi-trailers cost in sugar mill: TS_j)

$$TS_j = \left(N_j \times \frac{DT}{CW} \right) + \left(A \times \frac{DTa}{CW} \right) \quad (27)$$

จากสมการ (27) A คือ จำนวนหางลากที่เพิ่มเติมภายในลานของโรงงานน้ำตาล

1.3.2.15) ต้นทุนต่อตันของรถบรรทุกในแต่ละสถานี (Cost per ton for trucks in each the loading stations: CT_i)

$$CT_i = \frac{\Omega_i + FV_i + RV_i + MV_i + SV_i}{\frac{Q_i}{G}} \quad (28)$$

1.3.2.16) ต้นทุนต่อตันของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (Cost per ton for semi-trailers in each the loading stations: CS_i)

$$CS_i = \frac{\Psi_i + FV_i + RV_i + MV_i + SV_i}{\frac{Q_i}{G}} \quad (29)$$

1.3.2.17) ต้นทุนต่อตันของหัวลากรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Cost per ton of tractors for semi-trailers in each the loading stations: CS_j)

$$CS_j = \frac{HS_i + TS_j + FV_j + RV_j + MV_j + SV_j}{\frac{Q_j}{G}} \quad (30)$$

1.3.3) สูตรสำหรับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนรวม รายรับรวม และกำไรจากการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

1.3.3.1) ต้นทุนรวมของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (Total cost for trucks and semi-trailers in each the loading stations: TC_i)

$$TC_i = CT_i \times WT_i \quad (31)$$

1.3.3.2) ต้นทุนรวมของหัวลากของรถกึ่งพ่วงภายในลานโรงงานน้ำตาล (Total cost of trucks and semi-trailers in each the loading stations: TC_j)

$$TC_j = CS_i \times WT_i \quad (32)$$

1.3.3.3) รายรับรวมของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (Total Revenue for trucks and semi-trailers in each the loading stations: TR_i)

$$TR_i = Re \times WT_i \quad (33)$$

1.3.3.4) กำไรต่อตันของรถบรรทุกในแต่ละสถานี (Profit per ton for truck in each the loading stations: PT_i)

$$PT_i = Re - CT_i \quad (34)$$

1.3.3.5) กำไรต่อตันของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี (Profit per ton for truck in each the loading stations: PS_i)

$$PS_i = Re - CS_i \quad (35)$$

1.3.3.6) กำไรรวมของรถบรรทุกและรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี Total profit for trucks in each the loading stations: ZT_i)

$$ZT_i = PT_i \times WT_i \quad (36)$$

1.3.3.7) กำไรรวมของรถกึ่งพ่วงในแต่ละสถานี Total profit for trucks in each the loading stations: ZS_i)

$$ZS_i = PS_i \times WT_i \quad (37)$$

เมื่อสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์คำนวณต้นทุนและกำไรของทั้ง 2 รูปแบบการขนส่ง หลังจากนั้นมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel เพื่อใช้ในการหาคำตอบ ในส่วนของค่าคงที่สำหรับระยะเวลาในการขนส่ง ดังตารางที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.23 ระยะเวลาของกิจกรรมของการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของรถพ่วง

ลำดับที่	ระยะเวลา (หน่วย:นาทีก)					
	รอเท	เท	ต่อปล่อยทาง	วิ่งไป	วิ่งกลับ	โหลด
1	180	20	5	60	50.00	90
2	180	20	5	100	83.33	90
3	180	20	5	124	103.33	90
4	180	20	5	150	125.00	90
5	180	20	5	128	106.67	90
6	180	20	5	230	191.67	90
7	180	20	5	140	116.67	90
8	180	20	5	140	116.67	90
9	180	20	5	254	211.67	90
10	180	20	5	180	150.00	90
11	180	20	5	250	208.33	90
12	180	20	5	206	171.67	90
13	180	20	5	200	166.67	90
14	180	20	5	200	166.67	90
15	180	20	5	180	150.00	90
16	180	20	5	180	150.00	90
17	180	20	5	250	208.33	90
18	180	20	5	304	253.33	90
19	180	20	5	358	298.33	90
20	180	20	5	352	293.33	90
21	180	20	5	460	383.33	90

ตารางที่ 4.24 ระยะเวลาของกิจกรรมของการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของรถกึ่งพ่วง

ลำดับที่	ระยะเวลา (นาที)					
	รอเท	เท	ต่อปล่อย หาง	วิ่งไป	วิ่งกลับ	โหลด
x (ลานโรงงาน)	180	20	5	2	1.67	0
1	0	0	5	60	50.00	90
2	0	0	5	100	83.33	90
3	0	0	5	124	103.33	90
4	0	0	5	150	125.00	90
5	0	0	5	128	106.67	90
6	0	0	5	230	191.67	90
7	0	0	5	140	116.67	90
8	0	0	5	140	116.67	90
9	0	0	5	254	211.67	90
10	0	0	5	180	150.00	90
11	0	0	5	250	208.33	90
12	0	0	5	206	171.67	90
13	0	0	5	200	166.67	90
14	0	0	5	200	166.67	90
15	0	0	5	180	150.00	90
16	0	0	5	180	150.00	90
17	0	0	5	250	208.33	90
18	0	0	5	304	253.33	90
19	0	0	5	358	298.33	90
20	0	0	5	352	293.33	90
21	0	0	5	460	383.33	90

จากสูตรการคำนวณต้นทุนการขนส่งตามที่ได้กล่าวไว้ สามารถนำมาคำนวณต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยรถพ่วงและรถกึ่งพ่วง ดังตารางที่ 4.25 และ ตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.25 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยรถพ่วง

ลำดับที่	ปริมาณ เป้าหมาย (ตัน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	บัตร คิว (คิว)	เวลา ต่อรอบ (นาที)	จำนวน หัวลาก (คัน)	ต้นทุน (บาท)						ต้นทุนรวม (บาท)		ค่าขนส่ง จากตาราง (บาท)	กำไร (บาท)		
						หัวลาก	หาง	เชื้อเพลิง	ยางรถ	น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง	คนขับ	ต่อรอบ	ต่อคัน		%	ต่อคัน	รวม
1	12,889	30	3.39	410.00	0.77	1,191.07	0	2,747.39	305.27	101.76	3,415.59	7,761.07	60.21	91	33.83	30.79	396,792.14
2	29,290	50	7.71	483.33	2.07	3,190.81	0	10,405.66	1,156.18	385.39	7,761.85	22,899.89	78.18	113	30.81	34.82	1,019,780.64
3	13,976	62	3.68	527.33	1.08	1,661.13	0	6,156.80	684.09	228.03	3,703.64	12,433.68	88.96	132	32.60	43.04	601,464.06
4	22,134	75	5.82	575.00	1.86	2,868.55	0	11,795.09	1,310.57	436.86	5,865.51	22,276.57	100.64	136	26.00	35.36	782,566.88
5	16,150	64	4.25	534.67	1.26	1,946.21	0	7,344.00	816.00	272.00	4,279.75	14,657.96	90.76	132	31.24	41.24	666,003.86
6	81,006	115	21.32	721.67	8.55	13,176.14	0	66,190.43	7,354.49	2,451.50	13,771.02	102,943.58	127.08	170	25.25	42.92	3,476,662.12
7	68,142	70	17.93	556.67	5.55	8,549.57	0	33,891.68	3,765.74	1,255.25	9,335.45	56,797.70	83.35	137	39.16	53.65	3,655,684.36
8	34,436	70	9.06	556.67	2.80	4,320.58	0	17,127.38	1,903.04	634.35	4,889.91	28,875.26	83.85	142	40.95	58.15	2,002,385.71
9	80,000	127	21.05	765.67	8.96	13,805.88	0	72,189.47	8,021.05	2,673.68	14,400.00	111,090.09	138.86	180	22.85	41.14	3,290,990.90
10	81,980	90	21.57	630.00	7.00	10,791.67	0	52,424.05	5,824.89	1,941.63	11,641.16	82,623.41	100.78	142	29.02	41.22	3,378,819.44
11	43,373	125	11.41	758.33	4.81	7,413.34	0	38,522.07	4,280.23	1,426.74	7,807.14	59,449.53	137.07	180	23.85	42.93	1,862,187.27
12	21,395	103	5.63	677.67	2.12	3,267.86	0	15,657.76	1,739.75	579.92	3,316.23	24,561.51	114.80	155	25.94	40.20	860,073.96
13	16,698	100	4.39	666.67	1.63	2,509.04	0	11,864.37	1,318.26	439.42	2,504.70	18,635.79	111.60	150	25.60	38.40	641,120.74
14	17,015	100	4.48	666.67	1.66	2,556.67	0	12,089.61	1,343.29	447.76	2,569.27	19,006.60	111.70	151	26.02	39.30	668,605.48
15	41,170	90	10.83	630.00	3.79	5,845.96	0	26,327.13	2,925.24	975.08	6,340.18	42,413.59	103.02	154	33.10	50.98	2,098,821.32
16	34,211	90	9.00	630.00	3.15	4,857.81	0	21,877.03	2,430.78	810.26	4,857.96	34,833.85	101.82	142	28.30	40.18	1,374,576.97
17	62,183	125	16.36	758.33	6.89	10,628.36	0	55,228.32	6,136.48	2,045.49	11,192.94	85,231.59	137.07	180	23.85	42.93	2,669,780.54

ตารางที่ 4.25 (ต่อ)

ลำดับที่	ปริมาณ เป้าหมาย (ตัน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	บัตร คิว (คิว)	เวลา ต่อรอบ (นาที)	จำนวน หัวลาก (คัน)	ต้นทุน (บาท)					ต้นทุนรวม (บาท)			ค่าขนส่ง จากตาราง (บาท)	กำไร (บาท)		
						หัวลาก	หาง	เชื้อเพลิง	ยางรถ	น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง	คนขับ	ต่อรอบ	ต่อคัน		%	ต่อคัน	รวม
18	17,930	152	4.72	857.33	2.25	3,464.69	0	19,364.40	2,151.60	717.20	4,356.99	30,054.88	167.62	243	31.02	75.38	1,351,502.00
19	49,287	179	12.97	956.33	6.89	10,623.71	0	62,685.28	6,965.03	2,321.68	13,061.06	95,656.75	194.08	265	26.76	70.92	3,495,379.84
20	54,000	176	14.21	945.33	7.46	11,505.70	0	67,528.42	7,503.16	2,501.05	14,310.00	103,348.33	191.39	265	27.78	73.61	3,975,166.67
21	60,777	230	15.99	1,143.33	10.16	15,661.97	0	99,322.41	11,035.82	3,678.61	21,575.84	151,274.65	248.90	355	29.89	106.10	6,448,369.60

ตารางที่ 4.26 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยรถกึ่งพ่วง

ลำดับที่	ปริมาณ เป้าหมาย (ตัน)	ระยะ ทาง (กิโล เมตร)	บัตร คิว (คิว)	เวลา ต่อ รอบ (นาที)	จำนวน (คัน)		ต้นทุน (บาท)					ต้นทุน (บาท)			ค่าขนส่ง จาก ตาราง (บาท)	กำไร (บาท)		
					หัว ลาก	หาง	หัวลาก	หาง	เชื้อเพลิง	ยาง	น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง	คนขับ	ต่อรอบ	ต่อคัน		%	ต่อคัน	รวม
x (ลานโรงงาน)	67,217	1	17.69	213.67	2.10	2.10	2,362.18	1,195.75	477.59	53.07	17.69	0.00	4,106.28	6.11	-	-	-	-
1	12,889	30	3.39	210.00	0.40	0.40	494.64	115.42	2,747.39	305.27	101.76	3,415.59	7,180.06	55.71	91	38.78	35.29	454,893.14
2	29,290	50	7.71	283.33	1.21	1.21	1,516.60	353.87	10,405.66	1,156.18	385.39	7,761.85	21,579.56	73.68	113	34.80	39.32	1,151,814.02
3	13,976	62	3.68	327.33	0.67	0.67	836.04	195.08	6,156.80	684.09	228.03	3,703.64	11,803.67	84.46	132	36.02	47.54	664,465.04
4	22,134	75	5.82	375.00	1.21	1.21	1,516.86	353.93	11,795.09	1,310.57	436.86	5,865.51	21,278.82	96.14	136	29.31	39.86	882,342.46
5	16,150	64	4.25	334.67	0.79	0.79	987.73	230.47	7,344.00	816.00	272.00	4,279.75	13,929.95	86.25	132	34.66	45.75	738,804.78
6	81,006	115	21.32	521.67	6.00	6.00	7,500.00	1,750.00	66,190.43	7,354.49	2,451.50	21,466.59	106,713.01	131.73	170	22.51	38.27	3,099,719.16
7	68,142	70	17.93	356.67	3.55	3.55	4,441.52	1,036.35	33,891.68	3,765.74	1,255.25	9,335.45	53,725.99	78.84	137	42.45	58.16	3,962,854.68

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

ลำดับที่	ปริมาณ เป้า หมาย (ตัน)	ระยะ ทาง (กิโล เมตร)	บัตร คิว (คิว)	เวลา ต่อ รอบ (นาที)	จำนวน (คัน)		ต้นทุน (บาท)					ต้นทุน (บาท)			ค่าขนส่ง จาก ตาราง (บาท)	กำไร (บาท)		
					หัว ลาก	หาง	หัวลาก	หาง	เชื้อเพลิง	ยาง	น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง	ค่าคนขับ	ต่อรอบ	ต่อตัน		%	ต่อตัน	รวม
8	34,436	70	9.06	356.67	1.80	1.80	2,244.55	523.73	17,127.38	1,903.04	634.35	4,889.91	27,322.96	79.34	142	44.12	62.66	2,157,616.22
9	21,999	127	5.79	565.67	1.82	1.82	2,274.14	530.63	19,851.20	2,205.69	735.23	3,959.82	29,556.72	134.35	180	25.36	45.65	1,004,148.39
10	81,980	90	21.57	430.00	5.00	5.00	6,250.00	1,458.33	52,424.05	5,824.89	1,941.63	11,641.16	79,540.07	97.02	142	31.67	44.98	3,687,152.77
11	43,373	125	11.41	558.33	3.54	3.54	4,425.55	1,032.63	38,522.07	4,280.23	1,426.74	7,807.14	57,494.36	132.56	180	26.36	47.44	2,057,703.97
12	21,395	103	5.63	477.67	1.49	1.49	1,867.63	435.78	15,657.76	1,739.75	579.92	3,316.23	23,597.07	110.29	155	28.84	44.71	956,518.28
13	16,698	100	4.39	466.67	1.14	1.14	1,424.05	332.28	11,864.37	1,318.26	439.42	2,504.70	17,883.08	107.10	150	28.60	42.90	716,391.94
14	17,015	100	4.48	466.67	1.16	1.16	1,451.08	338.59	12,089.61	1,343.29	447.76	2,569.27	18,239.59	107.20	151	29.01	43.80	745,305.65
15	41,170	90	10.83	430.00	2.59	2.59	3,235.22	754.88	26,327.13	2,925.24	975.08	6,340.18	40,557.73	98.51	154	36.03	55.49	2,284,407.33
16	34,211	90	9.00	430.00	2.15	2.15	2,688.36	627.29	21,877.03	2,430.78	810.26	4,857.96	33,291.69	97.31	142	31.47	44.69	1,528,793.23
17	62,183	125	16.36	558.33	5.08	5.08	6,344.82	1,480.46	55,228.32	6,136.48	2,045.49	11,192.94	82,428.51	132.56	180	26.36	47.44	2,950,088.90
18	17,930	152	4.72	657.33	1.72	1.72	2,153.87	502.57	19,364.40	2,151.60	717.20	4,356.99	29,246.63	163.12	243	32.87	79.88	1,432,326.81
19	49,287	179	12.97	756.33	5.45	5.45	6,812.39	1,589.56	62,685.28	6,965.03	2,321.68	13,061.06	93,434.99	189.57	265	28.46	75.43	3,717,555.64
20	54,000	176	14.21	745.33	5.88	5.88	7,355.26	1,716.23	67,528.42	7,503.16	2,501.05	14,310.00	100,914.12	186.88	265	29.48	78.12	4,218,587.72
21	60,777	230	15.99	943.33	8.38	8.38	10,477.52	2,444.75	99,322.41	11,035.82	3,678.61	21,575.84	148,534.95	244.39	355	31.16	110.61	6,722,340.00

จากผลการคำนวณต้นทุนและกำไรจากตารางที่กล่าวมาซึ่งได้มีการกำหนดราคาเชื้อเพลิงไว้ที่ 27 บาทต่อลิตร และกำหนดน้ำหนักอ้อยเฉลี่ย 38 ตัน โดยการขนส่งอ้อยแบบโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด เป็นรูปแบบที่โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ต้องการทดลองใช้ซึ่งได้ว่าจ้างผู้รับเหมารายหนึ่งให้รับผิดชอบขนน้ำตาลจากสถานีขนถ่ายอ้อย 3 สถานีด้วยกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบการขนส่งทั้งสองรูปแบบในสถานีขนถ่ายดังกล่าวได้ดังนี้

1) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 18

การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 167.62 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 243 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 17,930 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 75.38 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 31.02% และกำไรรวมเท่ากับ 1,351,502.00 บาท

ส่วนการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 163.12 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 243 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 17,930 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 79.88 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 32.87% และกำไรรวมเท่ากับ 1,432,326.81 บาท

2) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 19

การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 194.08 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 49,287 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 70.92 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 26.76% และกำไรรวมเท่ากับ 3,495,379.84 บาท

ส่วนการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 189.95 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 49,257 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 75.43 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 28.46% และกำไรรวมเท่ากับ 3,717,555.64 บาท

2) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 20

การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 191.39 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 54,000 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 73.61 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 27.78% และกำไรรวมเท่ากับ 3,975,166.67 บาท

ส่วนการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 186.88 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 54,000 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 78.12 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 29.48% และกำไรรวมเท่ากับ 4,218,587.72 บาท

อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับการขนส่งที่เกิดขึ้นจริงจึงได้กำหนดน้ำหนักอ้อยเที่ยวละ 35 ตัน โดยจะคำนวณจากสถานีขนถ่ายอ้อย 3 สถานี ซึ่งเป็นสถานีขนถ่ายที่ผู้รับเหมาใช้การขนส่งอ้อยแบบโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ทั้งนี้จะแสดงข้อมูลการคำนวณของการขนส่งทั้งสองรูปแบบ ดังตารางที่ 4.27 และ 4.28 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบการขนส่งทั้งสองรูปแบบในสถานีขนถ่ายดังกล่าวได้ดังนี้

1) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 18

การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 194.81 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 243 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 17,930 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 48.19 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 19.83% และกำไรรวมเท่ากับ 864,106.66 บาท

ส่วนการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 197.15 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 243 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 17,930 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 45.85 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 18.87% และกำไรรวมเท่ากับ 822,034.67 บาท

2) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 19

การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 225.06 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 49,287 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 39.94 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 15.07% และกำไรรวมเท่ากับ 1,968,328.62 บาท

ส่วนการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 220.59 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 49,257 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 44.41 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 16.76% และกำไรรวมเท่ากับ 2,188,705.08 บาท

2) สถานีขนถ่ายลำดับที่ 20

การขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 221.95 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 54,000 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 39.94 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 16.25% และกำไรรวมเท่ากับ 2,324,890.97 บาท

ส่วนการขนส่งอ้อยแบบหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนต่อตันเท่ากับ 217.13 บาทต่อตันต่อปี โดยสถานีขนถ่ายนี้มีรายได้จากการขนส่ง 265 บาท และมีปริมาณเป้าหมายเท่ากับ 54,000 ตัน ดังนั้นกำไรต่อตันเท่ากับ 47.87 บาทต่อตัน โดยคิดกำไรจากต้นทุนต่อตัน 18.06% และกำไรรวมเท่ากับ 2,584,713.80 บาท

ตารางที่ 4.27 การคำนวณต้นทุนการขนส่งการขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด ของสถานีขนถ่ายที่ผู้รับเหมาใช้

ลำดับสถานี ขนถ่าย	จำนวน		ต้นทุน						ต้นทุนรวม	ค่า ขนส่ง	กำไร		
	หัวลาก	หาง	หัวลาก	หาง	เชื้อเพลิง	ยางรถ	น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง	คนขับ			%	ต่อตัน	รวม
18	2.44		6,433	0	21,024	2,336	779	4,357	194.81	243	19.83	48.19	864,106.66
19	7.48		19,725	0	68,058	7,562	2,521	13,061	225.06	265	15.07	39.94	1,968,328.62
20	8.10		21,363	0	73,317	8,146	2,715	14,310	221.95	265	16.25	43.05	2,324,890.97

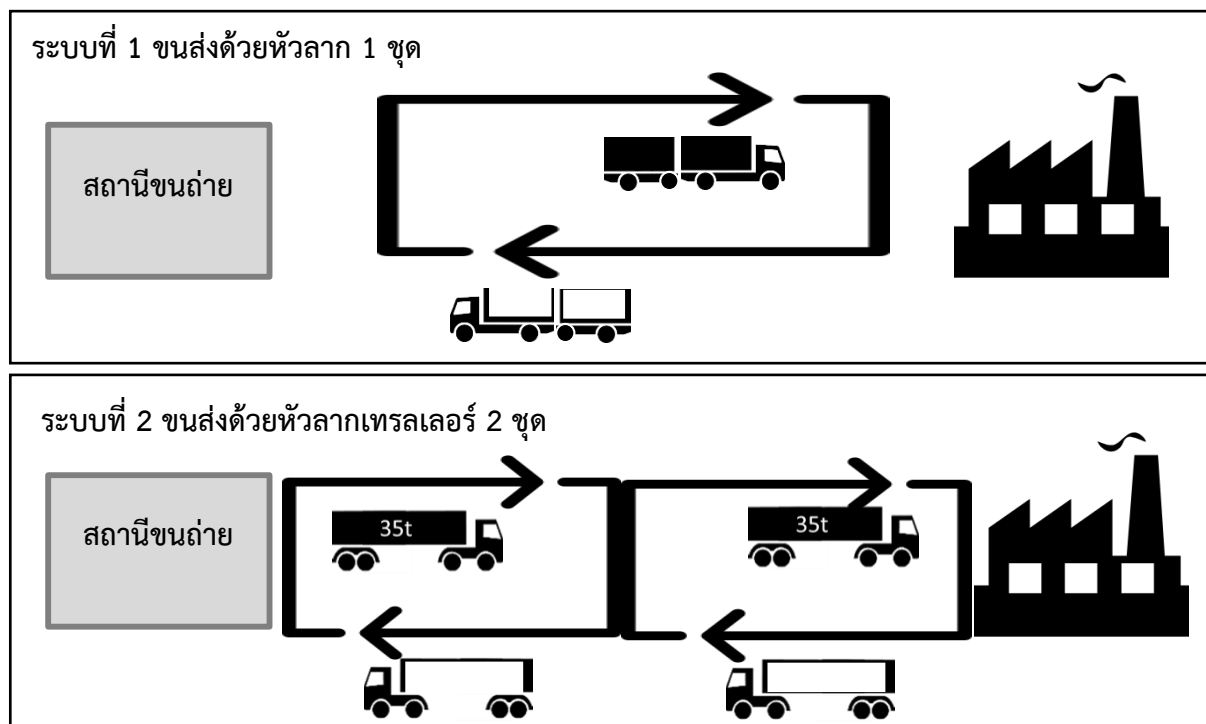
ตารางที่ 4.28 การคำนวณต้นทุนการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ของสถานีขนถ่ายที่ผู้รับเหมาใช้

ลำดับสถานี ขนถ่าย	จำนวน			ต้นทุน						ต้นทุนรวม	ค่า ขนส่ง	กำไร		
	หัว ลาก	หาง		หัวลาก	หาง	เชื้อเพลิง	ยางรถ	น้ำมันเครื่อง และไส้กรอง	คนขับ			%	ต่อตัน	รวม
18	1.87	5.87		4,034	2,820	21,024	2,336	779	4,357	197.15	243	18.87	45.85	822,034.67
19	5.92	9.92		12,758	4,764	68,058	7,562	2,521	13,061	220.59	265	16.76	44.41	2,188,705.08
20	6.39	10.39		13,774	4,990	73,317	8,146	2,715	14,310	217.13	265	18.06	47.87	2,584,713.80

เมื่อพิจารณาผลกำไรที่เกิดจากผลต่างระหว่างผลตอบแทนจริงที่ทางโรงงานให้แก่ผู้ให้บริการขนส่ง และต้นทุนจากการคำนวณ จะเห็นว่ากำไรจะอยู่ที่ประมาณ 16.76% ถึง 18.87% ขึ้นกับสถานีที่ใช้คำนวณ ซึ่งเมื่อตรวจสอบกลับไปยังผู้ให้บริการขนส่งพบว่าผลกำไรที่คำนวณมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง ผลการดำเนินงานในส่วนนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.1 1.2.2 และ 1.2.3 โรงงานได้รับไฟล์โปรแกรม และสามารถนำไปใช้คำนวณต้นทุน และผลกำไรจากการขนส่งอ้อย เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจการให้ผลตอบแทนแก่ผู้ให้บริการขนส่งอ้อยได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ทำการเผยแพร่ในการประชุมระดับนานาชาติในงาน “The 5th International Conference on Agro-Industry” ณ บาห์ลี ประเทศอินโดนีเซีย โดยมีหัวข้อในการวิจัยคือ “Cost Analysis for Sugarcane Transporting Improvement from Loading station to Sugar mill” สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.5 อีกด้วย

4.2.5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทอร์เลอร์ 2 ชุด

ใน ส่วนนี้คณะวิจัยจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พร้อมกับแผนภาพเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งด้วยระบบรถบรรทุก 1 ชุดและหัวลาก 2 ชุดโดยละเอียด โดยใช้ทฤษฎีการจัดการการผลิตในโรงงานแบบ Pull system ที่ริเริ่มโดยบริษัท Toyota ของประเทศญี่ปุ่นโดยใช้การ์ดที่เรียกว่า Kanban เป็นตัวควบคุมจำนวนงานในระบบ เมื่อเปรียบรถขนส่งเป็นการ์ดที่เคลื่อนที่ระหว่างจุดต่างๆในโรงงานในระบบผลัก (Pull System) (Spearman et al., 1990) การขนส่งโดยตรงเปรียบได้กับระบบ Single-stage Kanban หรือ Constant Work in Process (CONWIP) โดยมีรถบรรทุกเป็น work ในระบบที่มีจำนวนคงที่ ในขณะที่การขนส่ง โดยใช้หัวลาก 2 ชุด เมื่อมีจำนวนทางที่เพียงพอแล้ว ระบบจะเปรียบได้กับระบบ Kanban ที่มีการ์ด 2 ชุด (two-stage Kanban system) โดยหัวลากที่วิ่งระหว่างสถานีและลานคือการ์ดชุดแรก และ หัวลากที่วิ่งระหว่างลานไปเทคือการ์ดชุดที่สอง เมื่อหัวลากวิ่งจากสถานีมาถึงลานจะเป็นสัญญาณบอกให้หัวลากอีกชุดวิ่งไปเท ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 การขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดและการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ตามแนวคิดการจัดการสินค้าคงคลัง

Bauer and Huber (2008) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ CONWIP (Constant work in process) และระบบคัมบัง (Kanban) ในสถานการณ์ต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า CONWIP จะมีประสิทธิภาพดีกว่า Kanban เมื่อความแปรปรวนหรือการเปลี่ยนแปลงในระบบมีน้อย ในขณะที่ Kanban จะมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อความแปรปรวนหรือการเปลี่ยนแปลงในระบบมีค่ามาก

ผู้วิจัยจึงขอแบ่งสถานการณ์ออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ กรณีที่เวลาในกิจกรรมต่างๆ มีค่าคงที่หรือไม่มีความแปรปรวน และกรณีที่เวลาในกิจกรรมมีความไม่แน่นอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) เปรียบเทียบ 2 ระบบ กรณีที่เวลาในกิจกรรมต่างๆ มีค่าคงที่หรือไม่มีความแปรปรวน

ประสิทธิภาพของการใช้รถขนส่งดังตัวอย่าง 1 และ 2 สามารถอธิบายด้วยโมเดลคณิตศาสตร์ต่อไปนี้กำหนดให้

x_0 เป็น จำนวนรถของระบบหัวลาก 1 ชุด

x_1 เป็น จำนวนรถของระบบขน จากสถานีมาลาน

x_2 เป็น จำนวนรถของระบบขน จากลานไปเต

T_0 เป็น เวลาในการเดินทางจากสถานีมาถึงจุดเทอ้อย

T_1 เป็น เวลาในการเดินทางจากสถานีมาถึงลาน

T_2 เป็น เวลาในการเดินทางจากลานมาถึงจุดเท้าย่อย

R_0 เป็น อัตราการส่งอ้อยด้วยรถหัวลาก 1 ชุด

R_{11} เป็น อัตราการส่งอ้อยด้วยรถชุดขนอ้อยจากสถานี

R_{12} เป็น อัตราการส่งอ้อยด้วยรถชุดขนอ้อยจากลาน

R_1 เป็น อัตราการส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด

ดังนั้น

อัตราการส่งอ้อยของระบบหัวลาก 1 ชุด คือ $R_0 = \frac{x_0}{T_0}$

อัตราการส่งอ้อยของระบบขนหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดคือ $R_1 = \min\left(\frac{x_1}{T_1}, \frac{x_2}{T_2}\right)$

เมื่อ x_1, x_2, T_1, T_2 เป็นค่าคงที่ อัตราการส่งอ้อยของระบบขนส่งหัวลากจะมีค่ามากที่สุด เมื่ออัตราการขนส่งของทั้งสองชุดเท่ากันคือ $R_1^* = \frac{x_1}{T_1} = \frac{x_2}{T_2}$ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองระบบ กำหนดให้จำนวนรถของการขนด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดเท่ากันนั่นคือ $x_0 = x_1 + x_2$. ดังนั้น $\frac{x_1}{T_1} = \frac{x_2}{T_2}$ เท่ากับ $\frac{x_1}{T_1} = \frac{x_0 - x_1}{T_2}$ และ จำนวนรถ x_1 ที่ทำให้ $\frac{x_1}{T_1} = \frac{x_0 - x_1}{T_2}$ หรือ $x_1^* = \frac{T_1 x_0}{T_1 + T_2}$ ซึ่งทำให้ อัตราการขนส่งของระบบขนด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดมีค่ามากที่สุดเท่ากับ

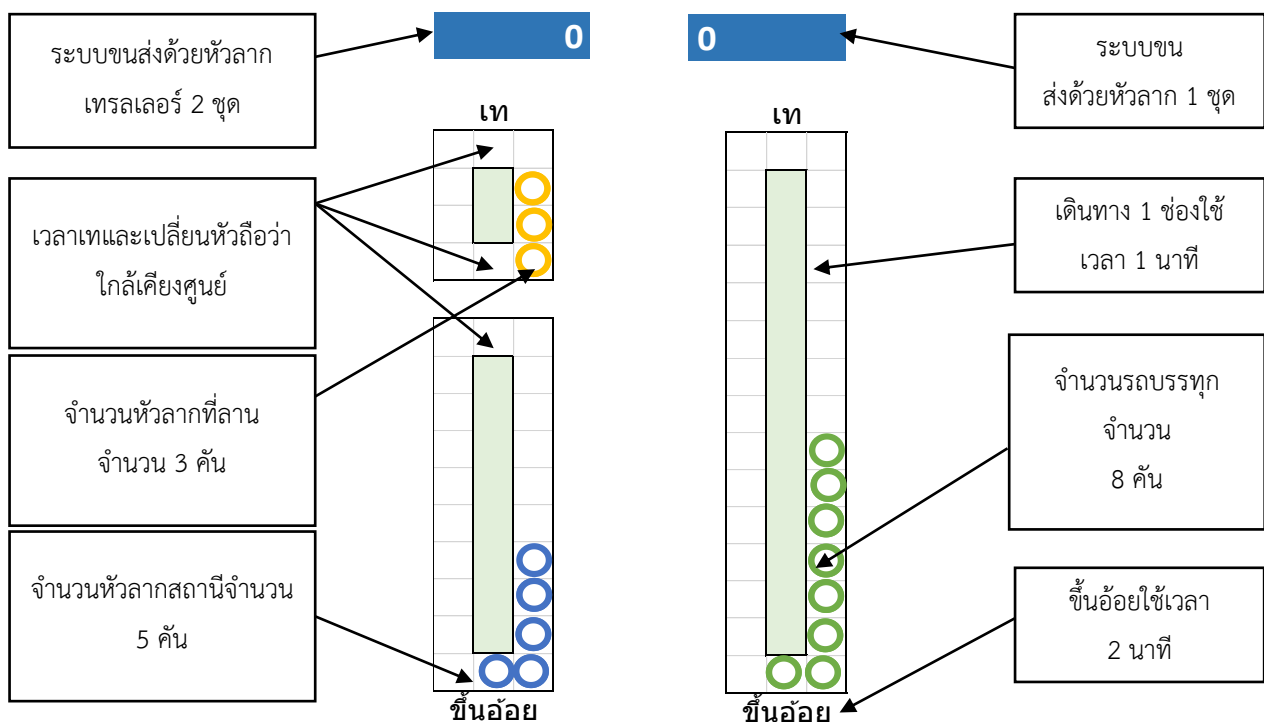
$$\frac{T_1 x_0}{T_1(T_1 + T_2)} \text{ หรือ } R_1^* = \frac{x_0}{(T_1 + T_2)} \quad (1)$$

ในความเป็นจริงการขนส่งเข้าลานอาจต้องมีการเลี้ยวและชะลอความเร็วเพื่อเข้าลาน ดังนั้น $T_0 \leq T_1 + T_2$ จาก (1) $\frac{x_0}{(T_1 + T_2)} \leq \frac{x_0}{T_0}$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อัตราการขนส่งหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราการส่งการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดที่จำนวนรถเท่ากัน $R_1^* \leq R_0$ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ระบบการขนส่งการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด (CONWIP) จะมีประสิทธิภาพดีกว่าหรือเท่ากับระบบการขนส่งด้วย 2 ชุดหัวลาก (Kanban) เมื่อเวลาในการทำกิจกรรมต่างๆ เป็นค่าคงที่หรือความแปรปรวนต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bauer and Huber (2008)

2) เปรียบเทียบ 2 ระบบ กรณีที่เวลาในกิจกรรมมีความไม่แน่นอน

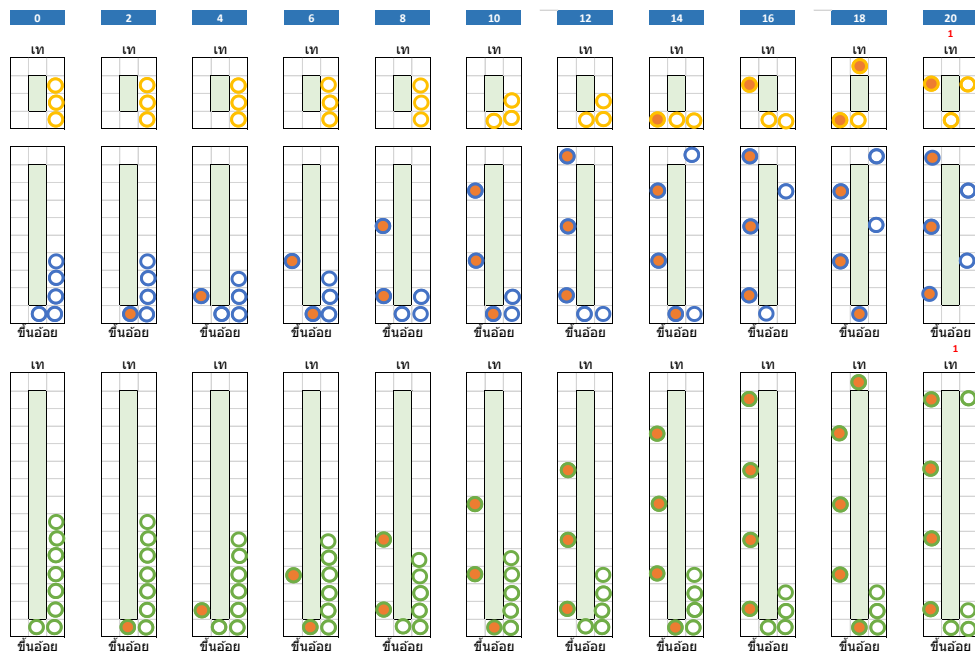
เมื่อเวลาในกิจกรรมต่างๆ มีความไม่แน่นอนหรือความแปรปรวนเช่น เวลาที่รถบรรทุกวิ่งจากสถานีมาลานมีความไม่แน่นอนอยู่ที่ 5 ถึง 7 ชั่วโมง แทนที่จะเป็นค่าคงที่ 6 ชั่วโมง เป็นต้น หรือในกรณีที่เวลา T_1, T_2 มีความแปรปรวนหรือเป็นค่าสุ่ม ซึ่งอาจเกิดจากเครื่องหีบอ้อยเสีย หรือการขาดอ้อยเข้าเต อาจทำให้ระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากมีอัตราการขนส่งมากกว่าระบบการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดได้ เช่น ในกรณีที่เครื่องจักรเสียเป็นเวลานาน ในระบบหัวลาก 1 ชุด รถบรรทุกทุกคันจะต้องมารอที่หน้ารางหีบ ในขณะที่ ระบบขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์เลอร์ 2 ชุดรับอ้อยที่มีทางเปล่าสำรองจำนวนมาก รถชุดที่วิ่งจากสถานีจะยังสามารถทำการขนส่งอ้อยได้จนกว่าทางเปล่าจะหมด ในกรณีที่ไม่มีทางบรรจุอ้อยรอที่ลานเป็นจำนวนมาก เมื่อเครื่องจักรทำงานได้ตามปกติแล้ว ระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด จะเทอ้อยด้วยอัตราเร็วเท่ากับ R_{12} จนกว่าทางที่บรรจุอ้อยที่ลานจะหมดซึ่งถ้า $R_{12} > R_0$ แล้ว ระบบการขนส่งอ้อยด้วย 2 ชุดหัวลากก็จะขนอ้อยได้ในอัตรามากกว่าการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดเป็นเวลาชั่วคราว

ตัวอย่างที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และการขนส่งด้วยรถหัวลากเทอร์เลอร์ 2 ชุด โดยสมมติว่าทางเปล่ามีมากเพียงพอที่จะทำให้รถหัวลากไม่ต้องรอที่ลาน ในกรณีที่เครื่องจักรในโรงงานเกิดเสียตั้งแต่วันที่ 22 ถึง 54 ทำให้ไม่สามารถเทอ้อยได้ รูปภาพด้านล่างเปรียบเทียบการทำงานของระบบการขนส่งอ้อยแบบขนส่งด้วยชุดหัวลาก 1 ชุดและขนส่งด้วยหัวลากเทอร์เลอร์ 2 ชุด โดยในแต่ละส่วนมีคำอธิบายดังภาพที่ 4.18

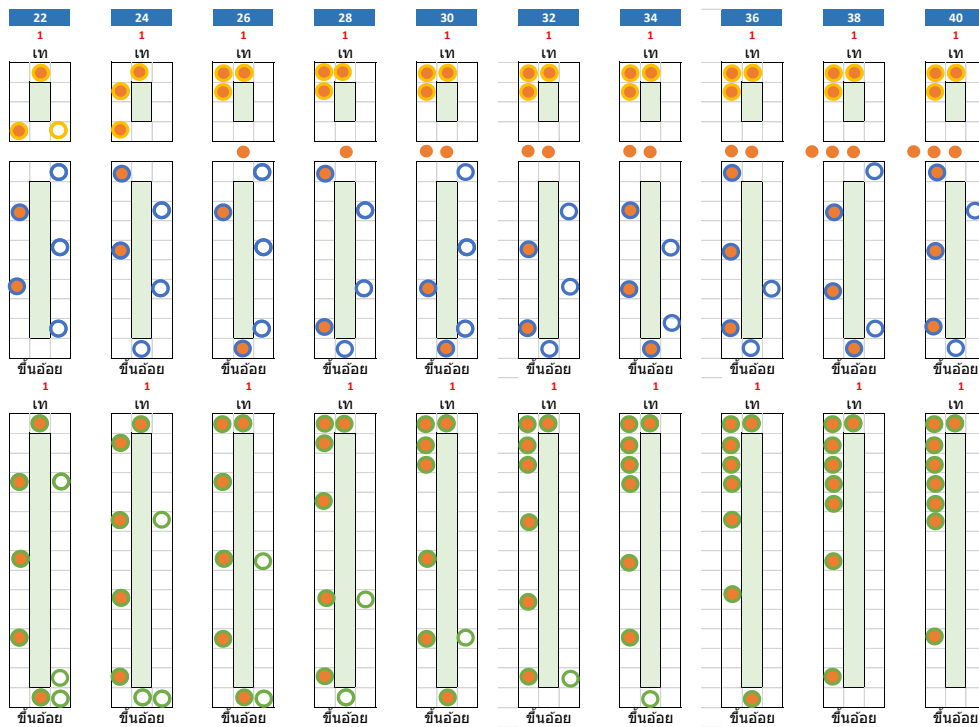


ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบการขนส่งอ้อยแบบขนส่งด้วยชุดหัวลาก โดยด้านซ้ายคือ ระบบขนส่งด้วยหัวลากเทอร์เลอร์ 2 ชุด และด้านขวาคือ ระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด

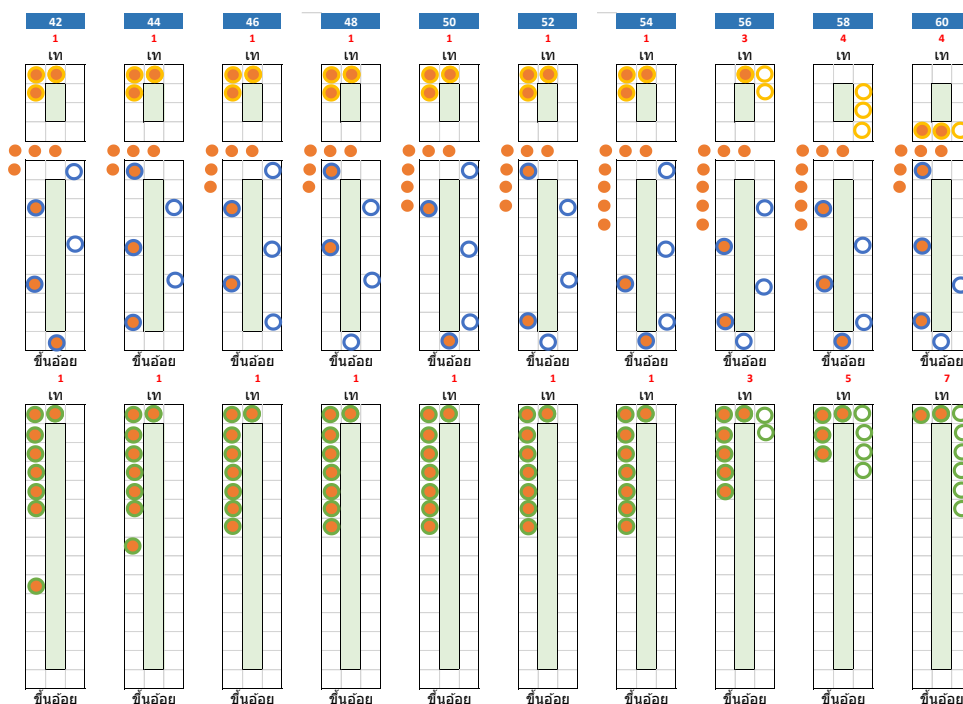
ในตัวอย่างนี้ทั้งสองระบบจะเริ่มทำงานพร้อมกัน ระบบส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดจะมีจำนวนรถหัวลากที่ลาน 3 หัว และสถานี 5 หัว ส่วนระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด จะมีจำนวนรถบรรทุกที่ระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด 8 คัน จะเห็นได้ว่าทั้งสองระบบมีจำนวนรถเท่ากัน สมมติว่า ณ เวลาเริ่มต้น (0 นาที) รถทุกคันเตรียมรับอ้อยที่สถานี จากรูปจะเห็นว่าเวลาในการเดินทาง 1 รอบของรถขนส่งในระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดเท่ากับ $2 + 32 = 34$ นาที เนื่องจากมีรถบรรทุก 8 คัน อัตราการขนส่งเฉลี่ย R_0 เท่ากับ $8/34 = 0.235$ คันต่อนาที ในขณะที่ เวลา 1 รอบของรถหัวลากสถานีเท่ากับ $2 + 22 = 24$ นาที เนื่องจากมีรถหัวลาก 5 คัน อัตราการขนส่งเฉลี่ย R_{11} เท่ากับ $5/24 = 0.227$ คันต่อนาที และ อัตราการขนส่งเฉลี่ย R_{12} เท่ากับ $3/10 = 0.3$ คันต่อนาที ซึ่งส่งผลให้ $R_1 = 0.227$ คันต่อนาที จะเห็นได้ว่าถ้าระบบเป็นปกติการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดจะมีอัตราการขนส่งเร็วกว่าการขนส่งด้วยชุดหัวลาก แต่เนื่องจากระบบเสียในนาทีที่ 22 ถึง 54 จึงทำให้การขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดมีการหยุดชะงักลง และรถบรรทุกทุกคันจะไปรอที่อ้อยที่หน้าหีบ ในขณะที่การขนส่งแบบชุดหัวลากนั้น รถหัวลากทั้งสองชุดจะเป็นอิสระต่อกัน ในขณะที่รถหัวลากที่ลานทั้งหมดไปรอที่หน้าลูกหีบ เช่นเดียวกับรถบรรทุกด้วยหัวลาก 1 ชุดแต่รถหัวลากสถานียังคงสามารถขนอ้อยจากสถานีมาส่งที่ลานและวิ่งกลับได้เนื่องจากมีทางเปลารออยู่อย่างเพียงพอ เราจะเห็นการเคลื่อนไหวของรถในเวลาต่างๆ ตามภาพด้านล่างนี้



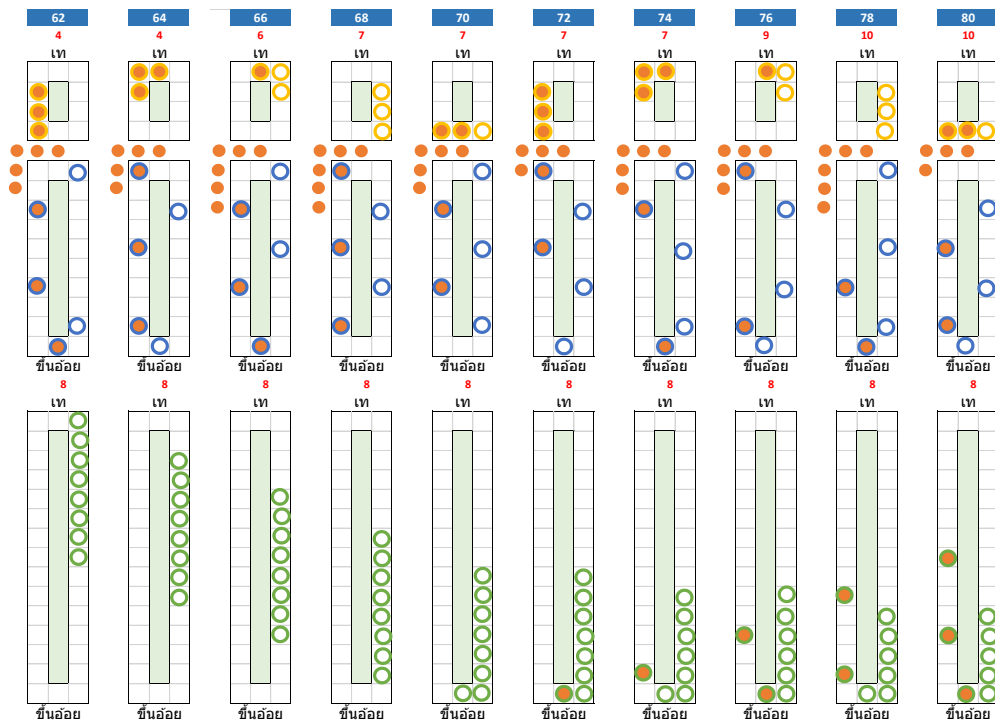
ภาพที่ 4.19 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด ตั้งแต่เริ่มเดินรถถึงนาทีที่ 20 ในกรณีที่ระบบเสียในนาทีที่ 22 ถึงนาทีที่ 54



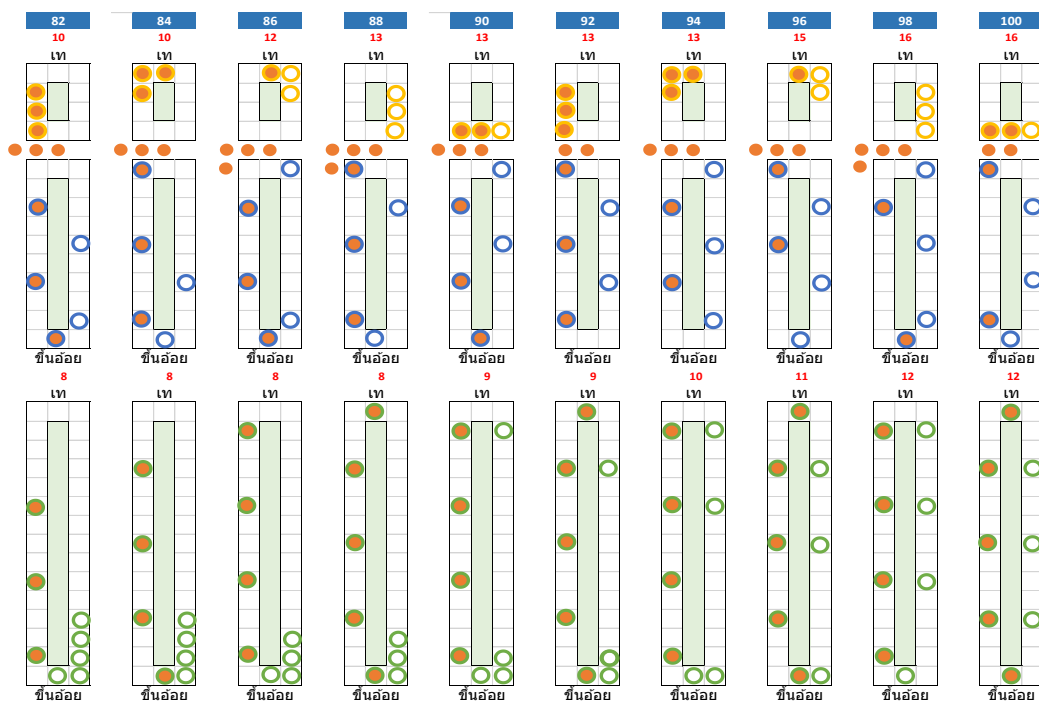
ภาพที่ 4.20 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 20 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึงนาที่ที่ 54



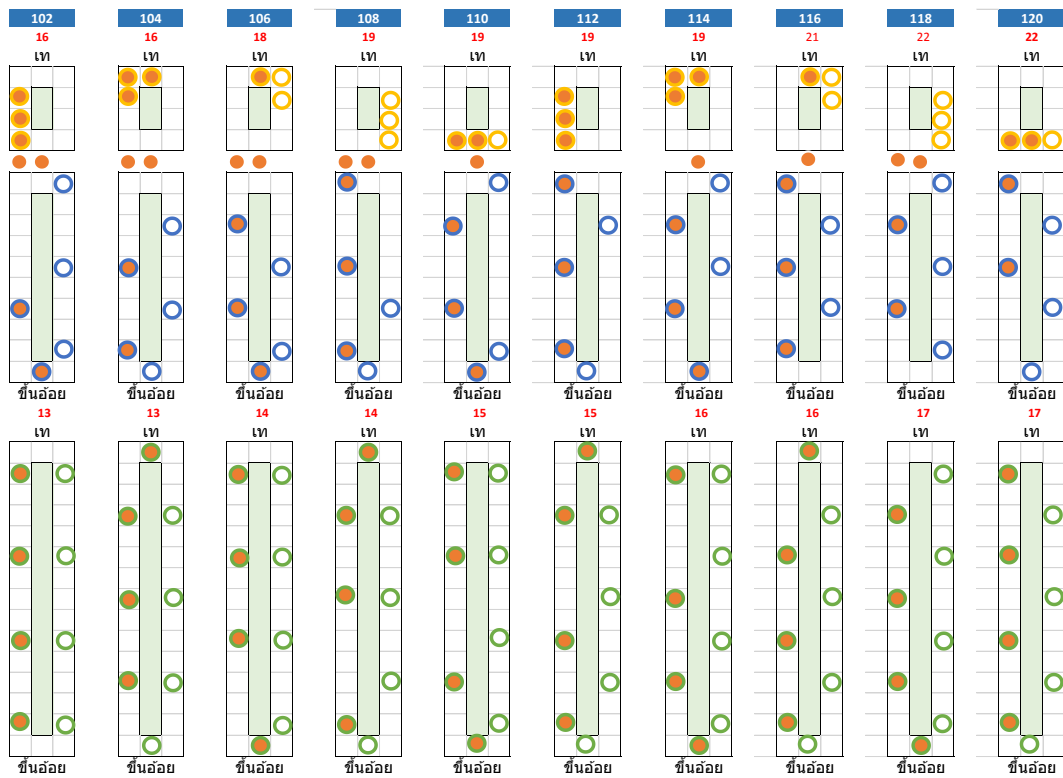
ภาพที่ 4.21 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 42 ถึง นาที่ที่ 60 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54



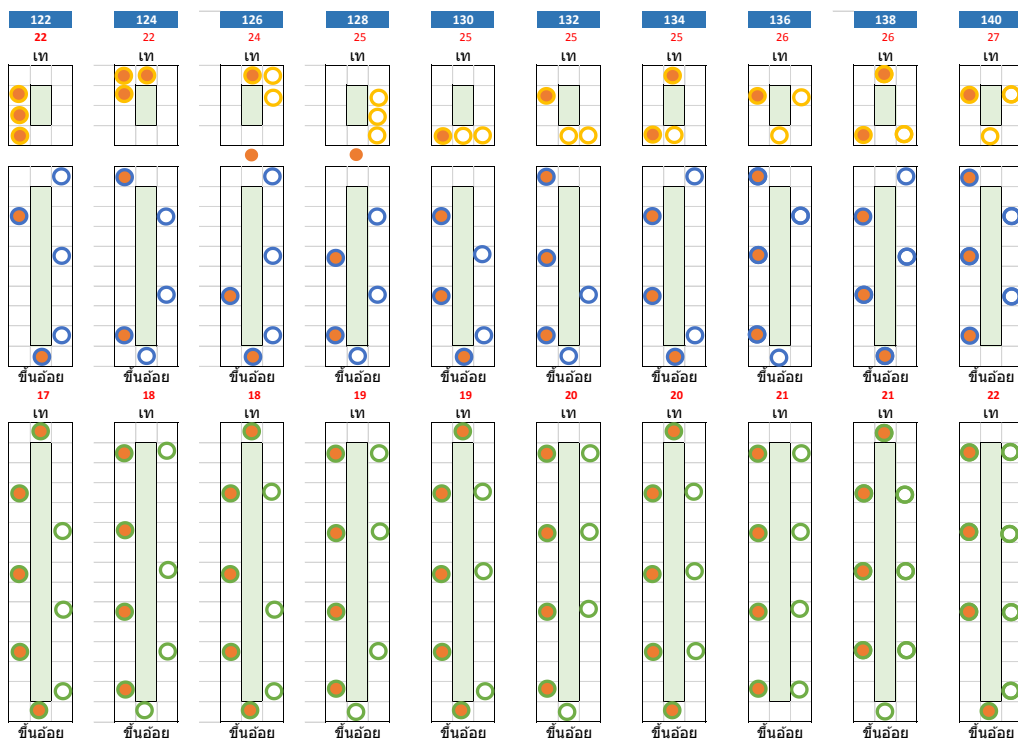
ภาพที่ 4.22 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 62 ถึง นาที่ที่ 80 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54



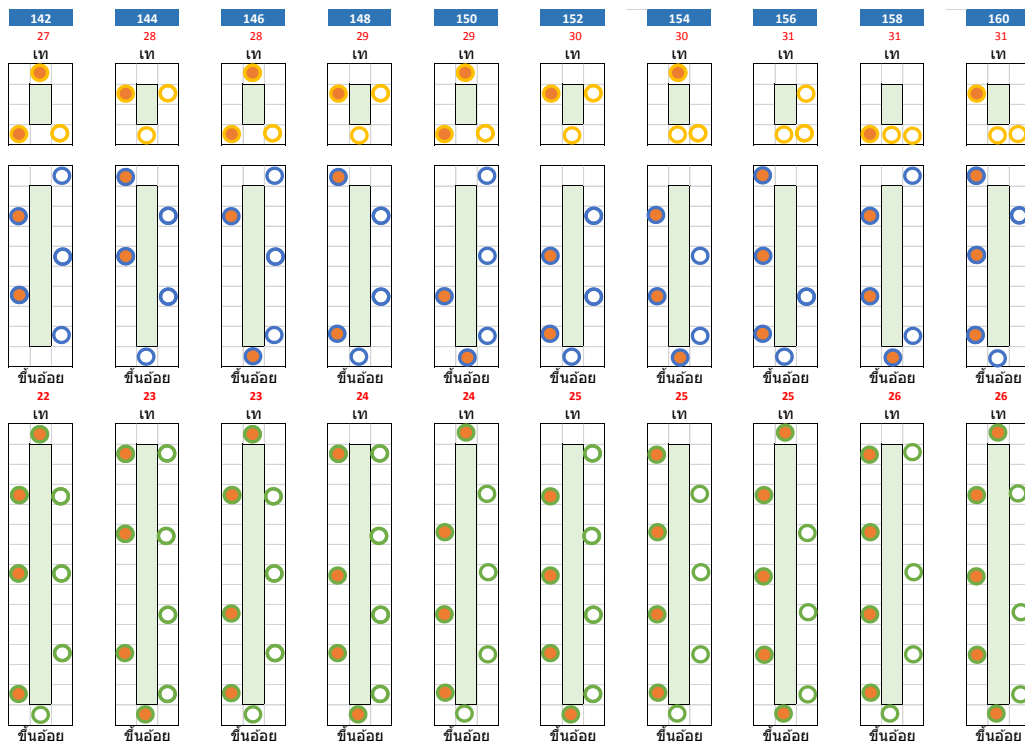
ภาพที่ 4.23 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 82 ถึง นาที่ที่ 100 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54



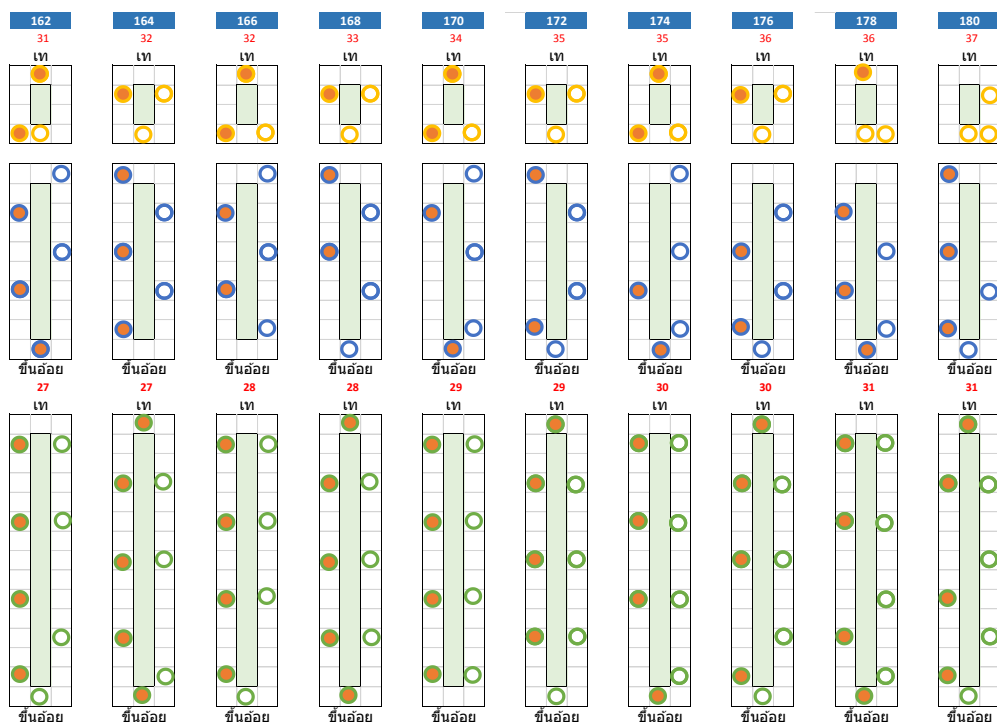
ภาพที่ 4.24 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทิตั้ง 102 ถึง นาทิตั้ง 120 นาทิตั้งที่ระบบเสียในนาทิตั้ง 22 ถึง นาทิตั้ง 54



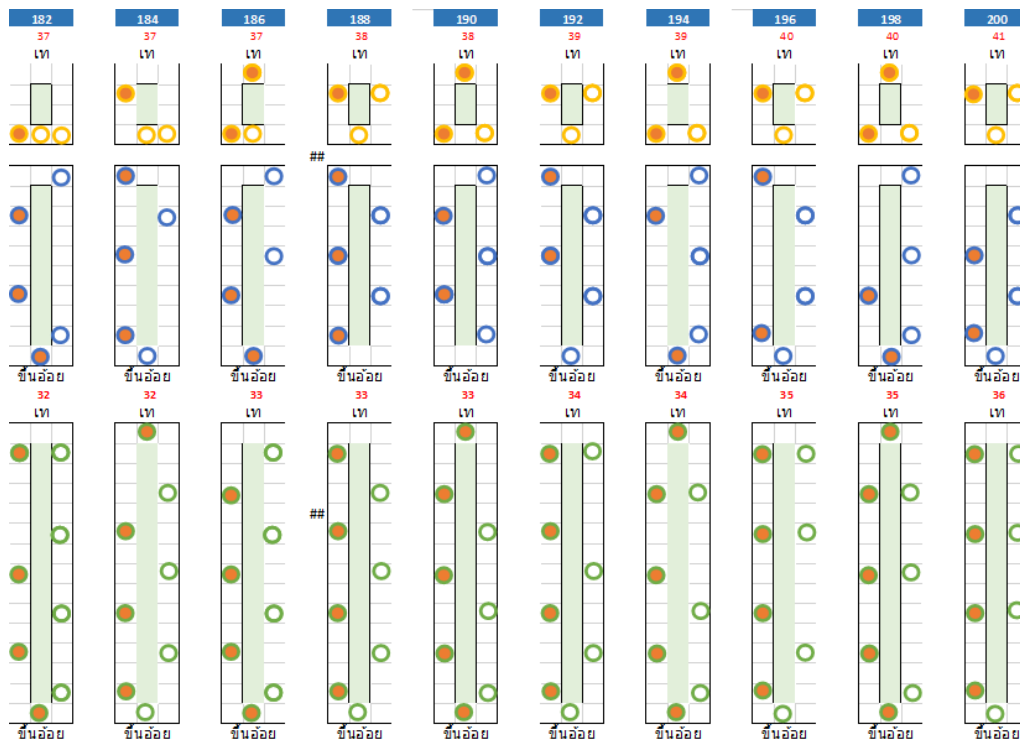
ภาพที่ 4.25 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทิตั้ง 122 ถึง นาทิตั้ง 140 ในกรณีที่ระบบเสียในนาทิตั้ง 22 ถึง นาทิตั้ง 54



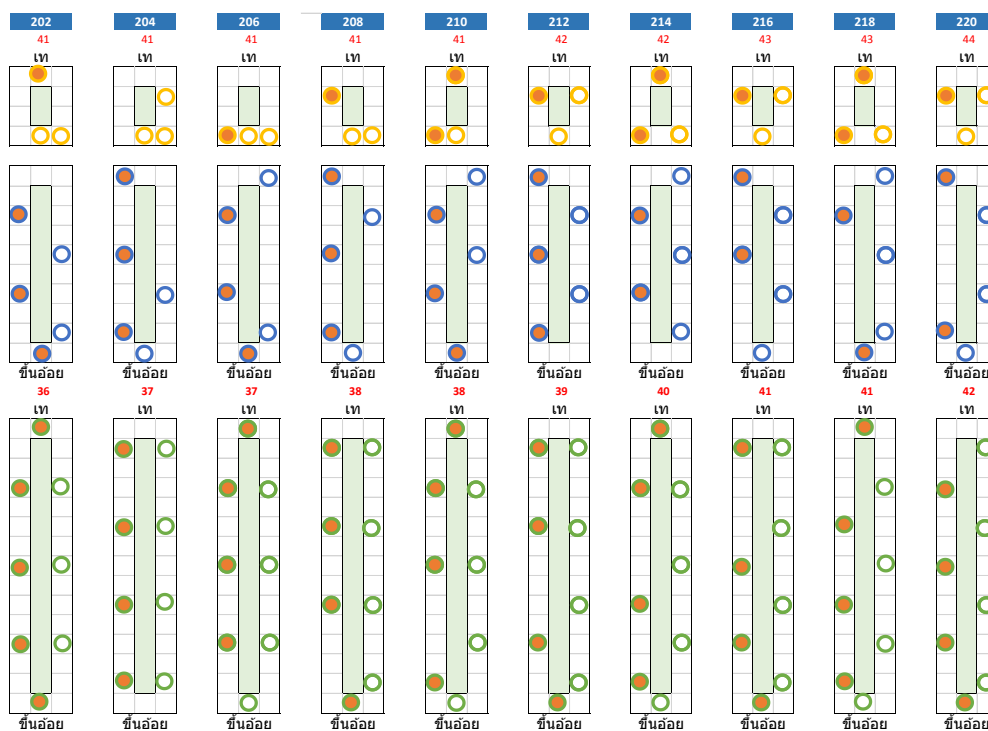
ภาพที่ 4.26 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทิตั้งแต่ 142 ถึง นาทิตั้งแต่ 160 ในกรณีที่ระบบเสียในนาทิตั้งแต่ 22 ถึง นาทิตั้งแต่ 54



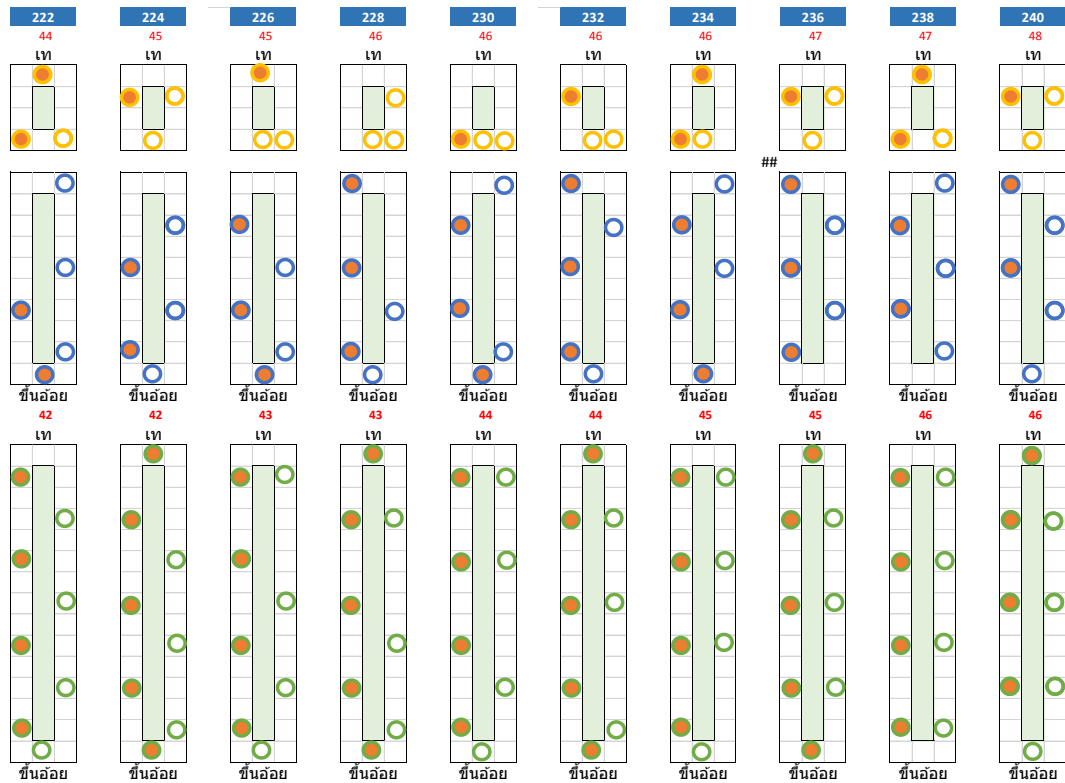
ภาพที่ 4.27 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทิตั้งแต่ 162 ถึง นาทิตั้งแต่ 180 ในกรณีที่ระบบเสียในนาทิตั้งแต่ 22 ถึง นาทิตั้งแต่ 54



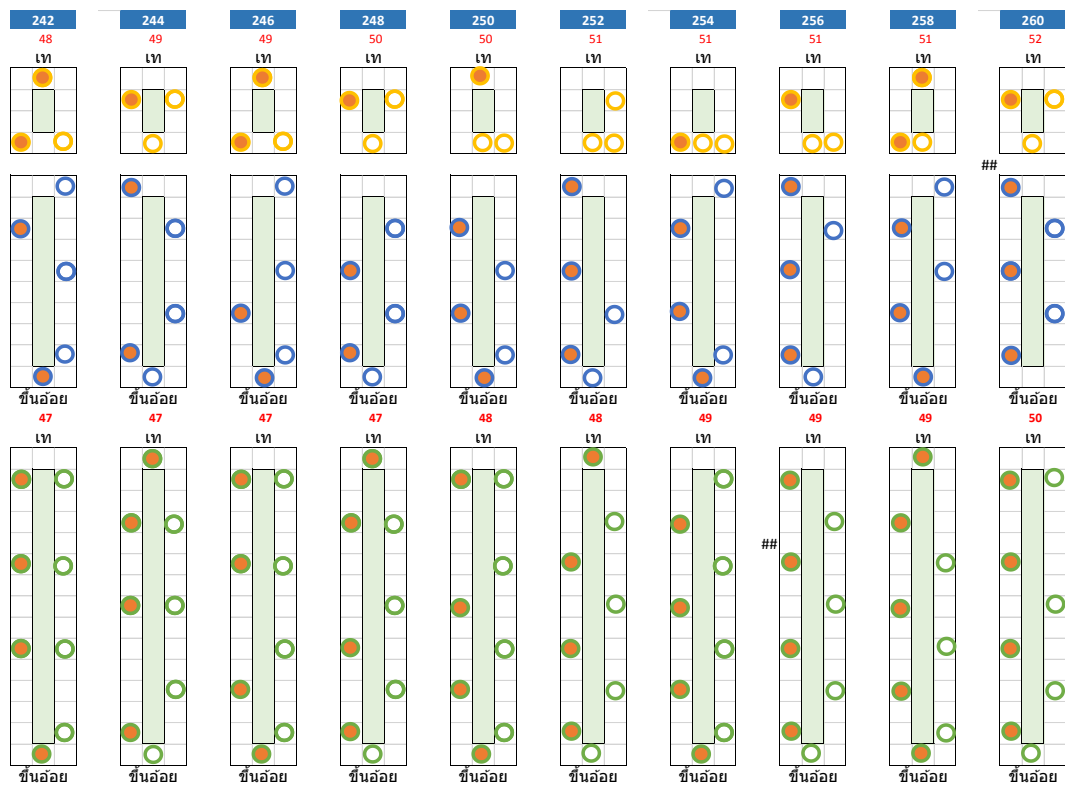
ภาพที่ 4.28 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 182 ถึง นาที่ที่ 200 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54



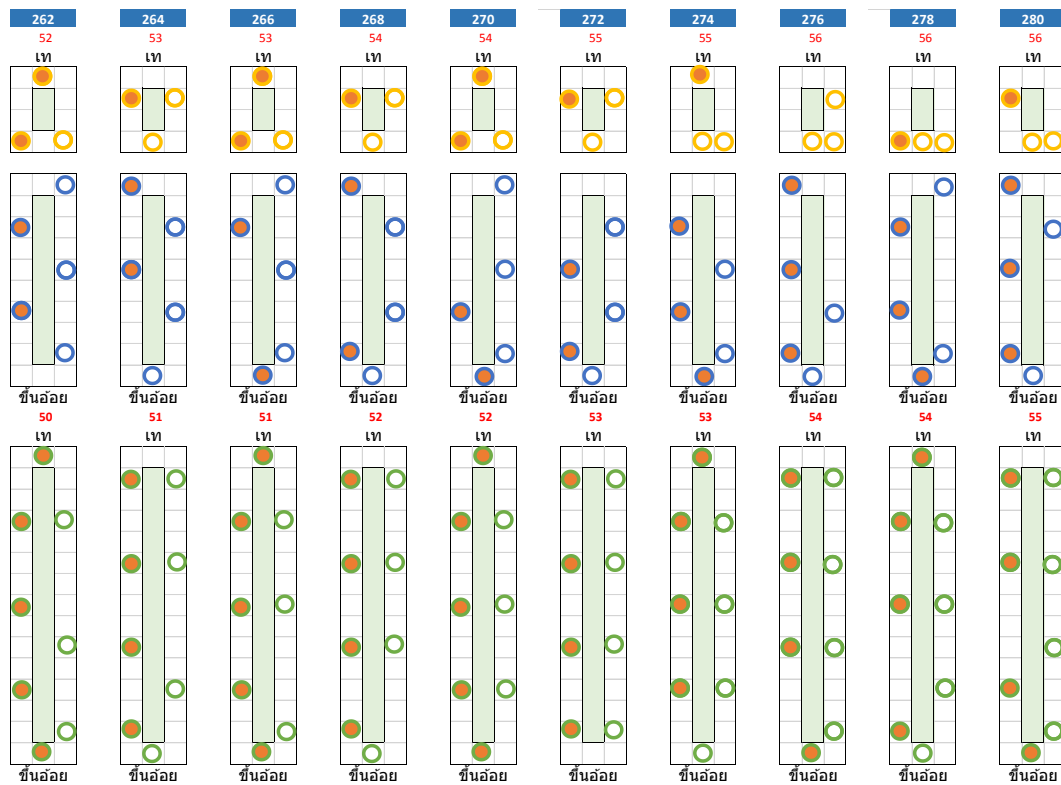
ภาพที่ 4.29 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 202 ถึง นาที่ที่ 220 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54



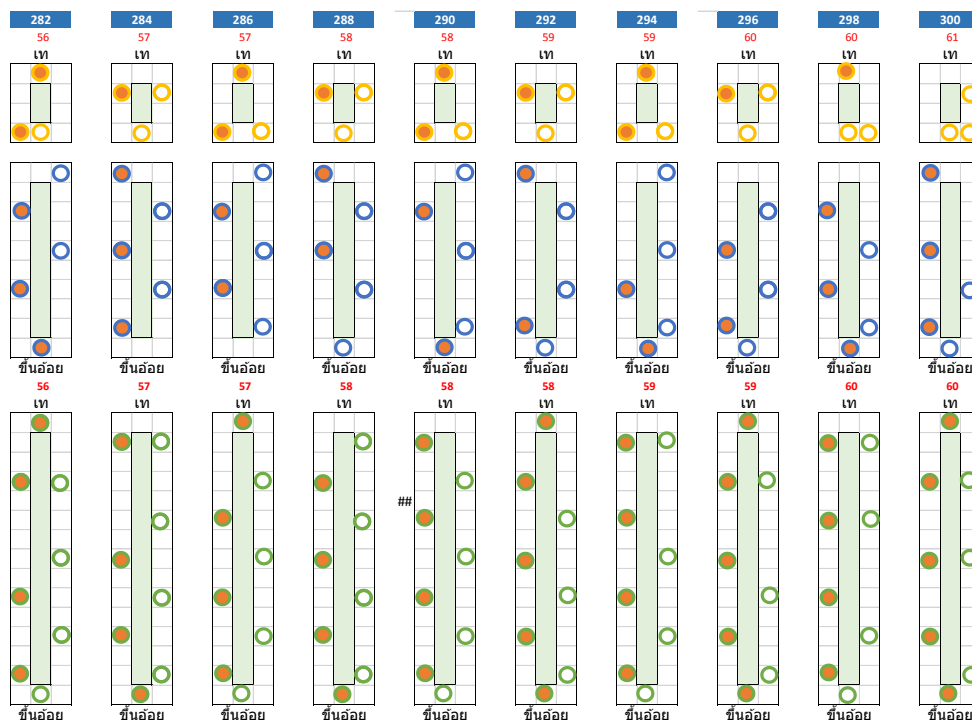
ภาพที่ 4.30 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 222 ถึง นาที่ที่ 240 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54



ภาพที่ 4.31 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 242 ถึง นาที่ที่ 260 ในกรณีที่ระบบเสียในนาที่ที่ 22 ถึง นาที่ที่ 54

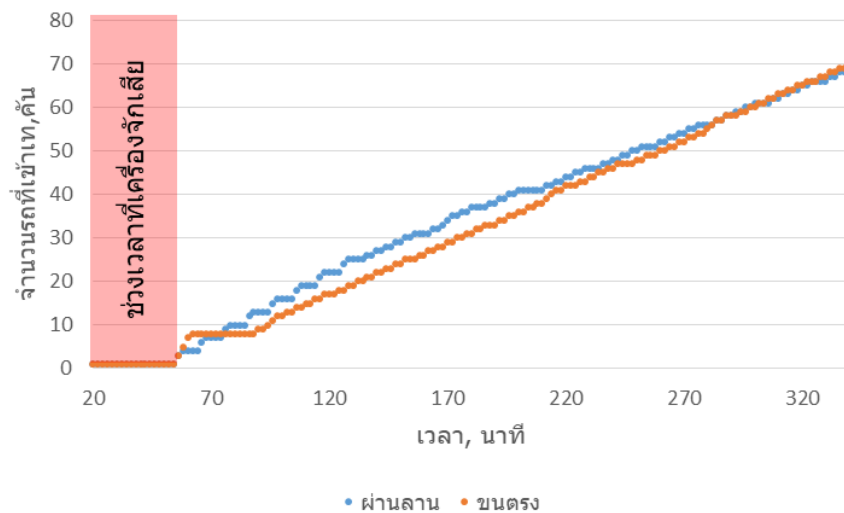


ภาพที่ 4.32 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทิตั้ง 262 ถึง นาทิตั้ง 280 ในกรณีระบบเสียในนาทิตั้ง 22 ถึง นาทิตั้ง 54



ภาพที่ 4.33 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทิตั้ง 282 ถึง นาทิตั้ง 300 ในกรณีระบบเสียในนาทิตั้ง 22 ถึง นาทิตั้ง 54

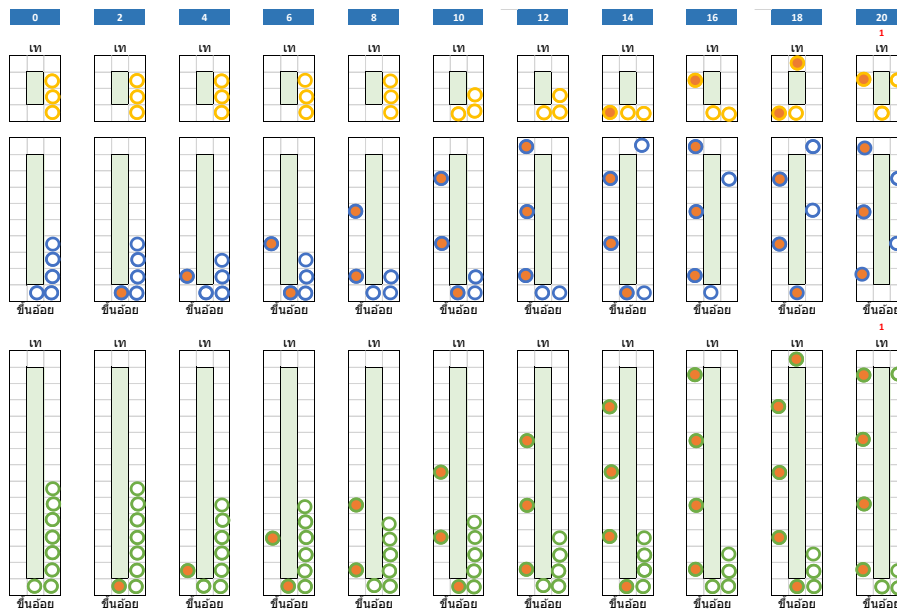
จากข้างต้นนี้แสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อเครื่องจักรกลับมาทำงานได้อีกครั้งระบบขนด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด จะสามารถเทอ้อยได้ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ $R_{12} = 0.3$ คันต่อนาที ซึ่งเร็วกว่า R_0 ที่อัตราเร็ว 0.235 คันต่อนาที ระบบขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด จะทำงานด้วยความเร็วแบบนี้จนกว่าทางที่บรรจุอ้อยที่ลานจะหมดไป เมื่อทางที่บรรจุอ้อยที่ลานหมดแล้ว ระบบขนส่งดังกล่าวจะกลับมาทำงานด้วยอัตราเร็ว $R_1 = 0.227$ คันต่อนาทีเหมือนเดิมซึ่งจะช้ากว่า R_0 ทำให้เมื่อเวลาผ่านไปโดยเครื่องทำงานได้อย่างปกติ ระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดจะกลับมาเทอ้อยได้มากกว่าระบบลานอีกครั้ง ดังภาพที่ 4.34



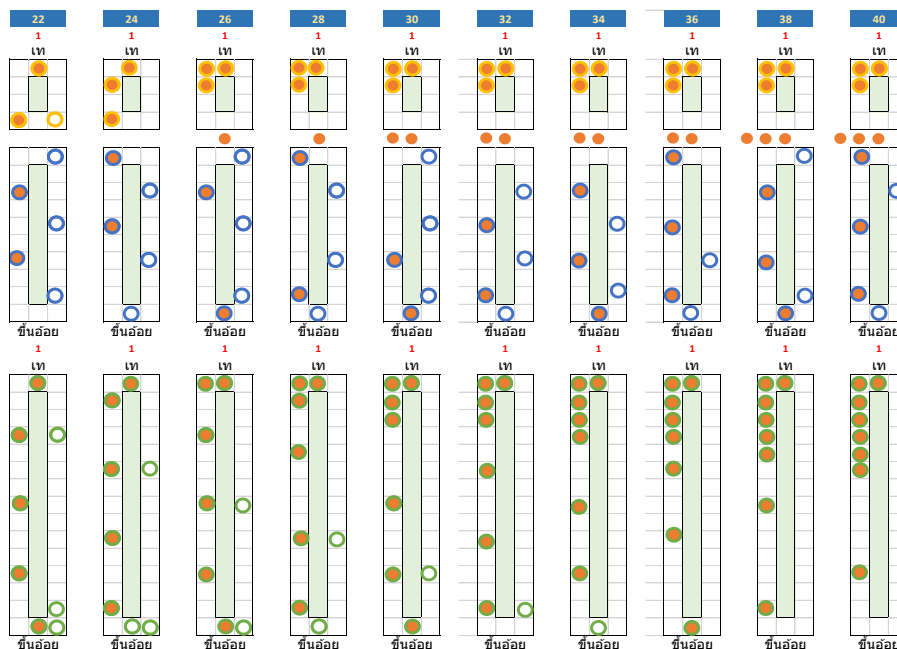
ภาพที่ 4.34 แนวโน้มความสัมพันธ์ของระบบการขนส่งอ้อยแบบขนด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด เมื่อเกิดสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน

อย่างไรก็ตามถ้าในกรณีที่มีความไม่แน่นอนของเวลาสูง เช่น เครื่องจักรเสียบ่อยครั้ง การใช้ระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด จะสามารถขนส่งอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

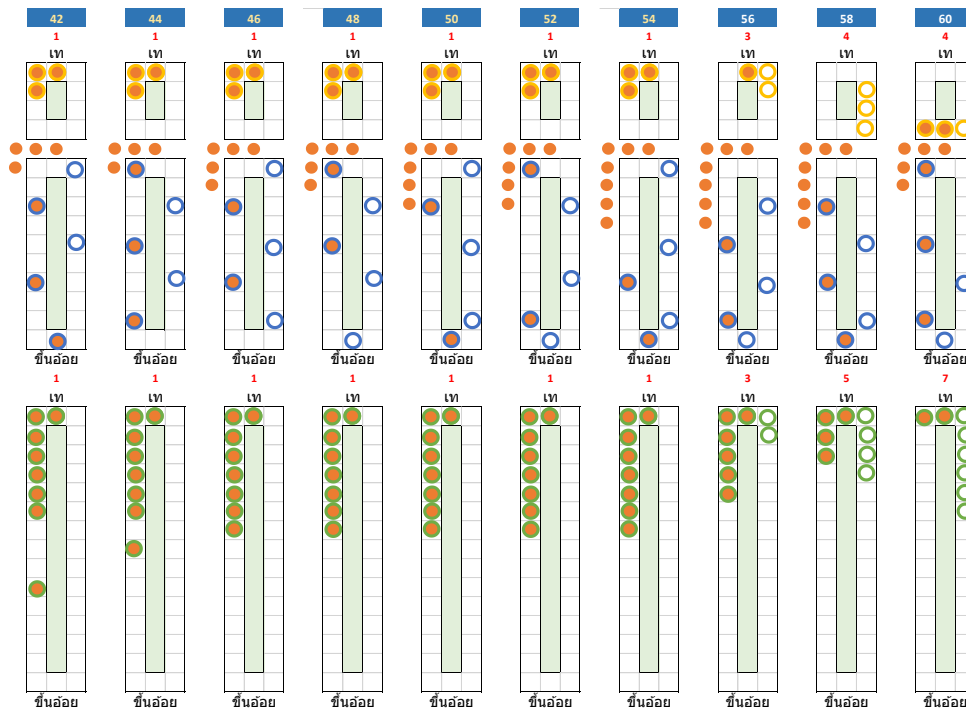
ตัวอย่างที่ 2 ตัวอย่างนี้จำลองสถานการณ์เดียวกันกับตัวอย่างด้านบน ระบบขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดจะมีจำนวนรถหัวลากที่ลาน 3 หัว และสถานี 5 หัว ส่วนระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดจะมีจำนวนรถบรรทุกที่ขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดเท่ากับ 8 คัน ความแตกต่างอยู่ที่เวลาที่เครื่องจักรเสีย นอกจากเครื่องจักรในโรงงานเกิดเสียตั้งแต่วันที่ 22 ถึง 54 เหมือนตัวอย่างก่อนหน้านี้แล้ว หลังจากนั้นเครื่องจักรยังเสียอีก 2 ครั้ง ที่นาที่ที่ 106 ถึง 126 และ นาที่ที่ 178 ถึง 198 จึงทำให้ตัวอย่างนี้มีความไม่แน่นอนของเวลามากกว่าตัวอย่างแรก เราจะเห็นการเคลื่อนไหวของรถในเวลาต่างๆ ตามภาพด้านล่างนี้



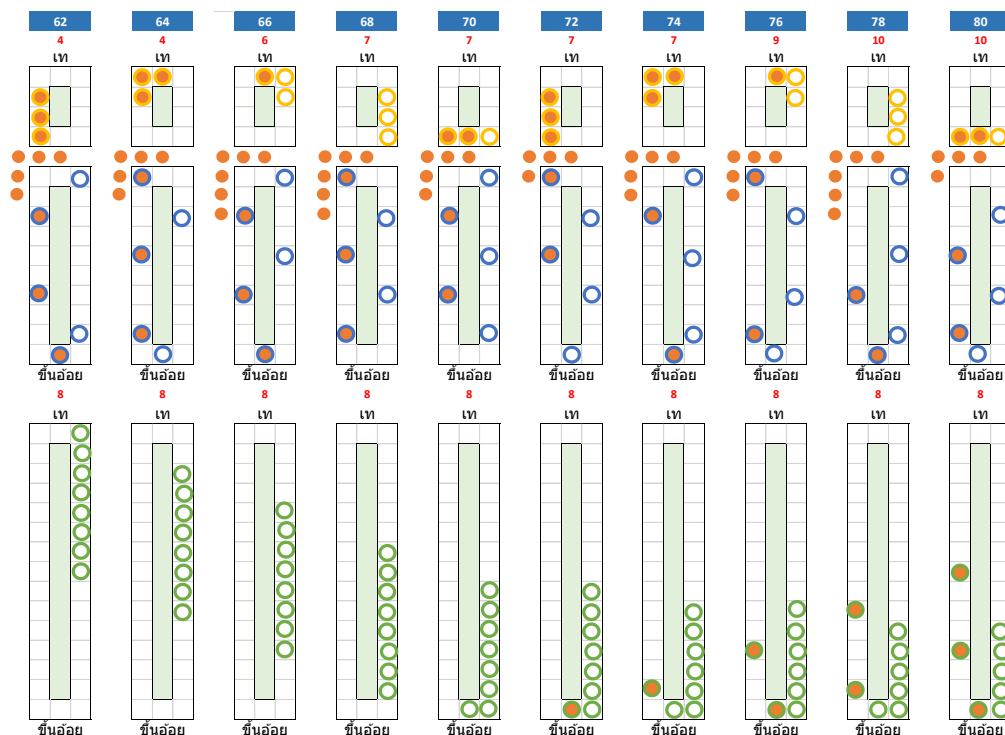
ภาพที่ 4.35 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ตั้งแต่นาทีที่เริ่มต้น ถึง นาทีที่ 20 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



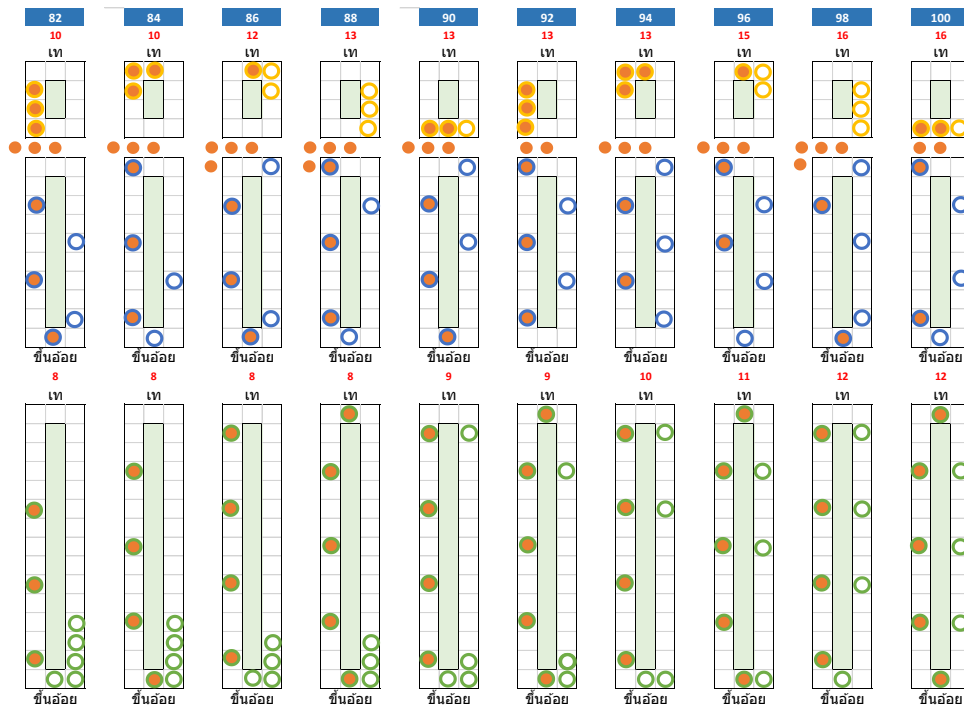
ภาพที่ 4.36 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาทีที่ 22 ถึงนาทีที่ 40 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



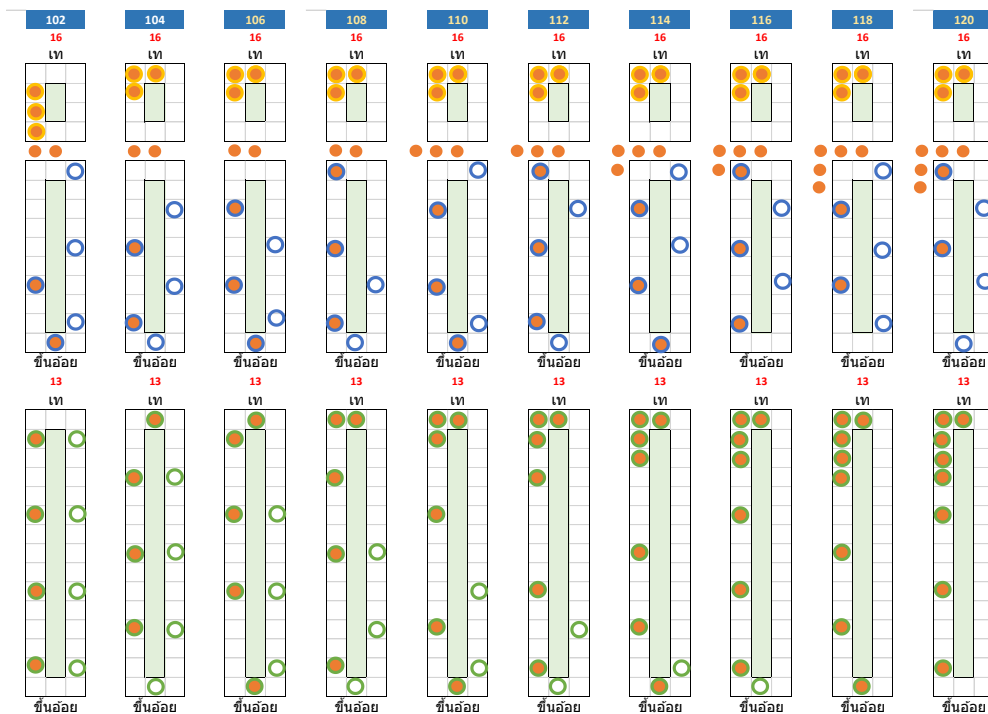
ภาพที่ 4.37 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 42 ถึงนาที่ที่ 60 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



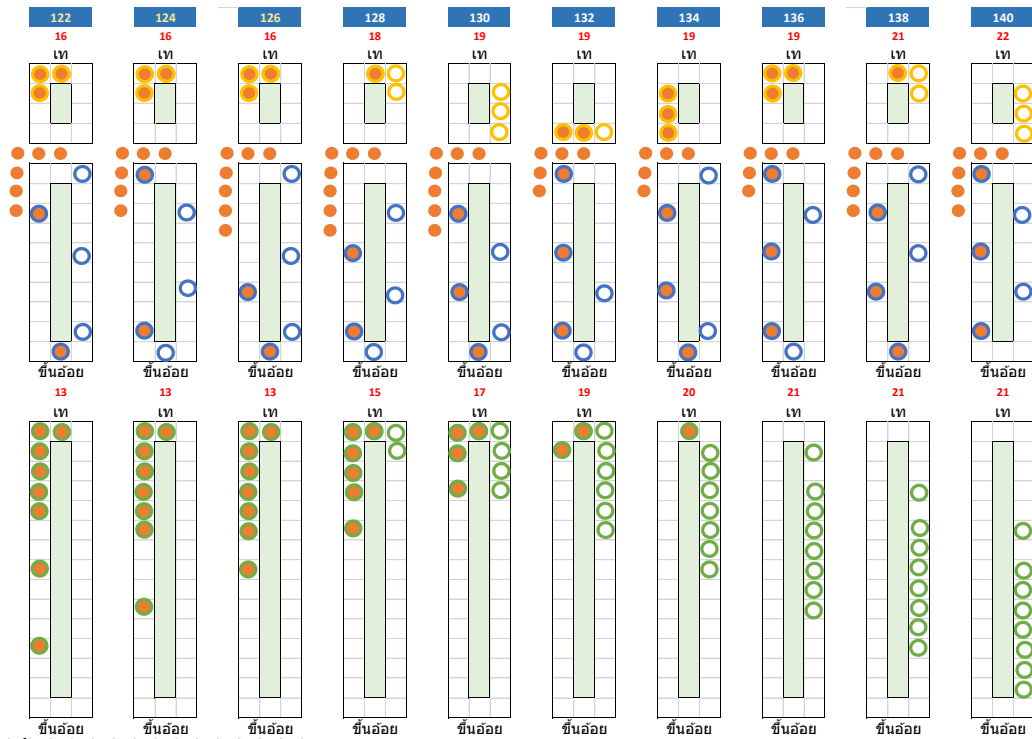
ภาพที่ 4.38 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 62 ถึงนาที่ที่ 80 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



ภาพที่ 4.39 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 82 ถึง นาที่ที่ 100 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา

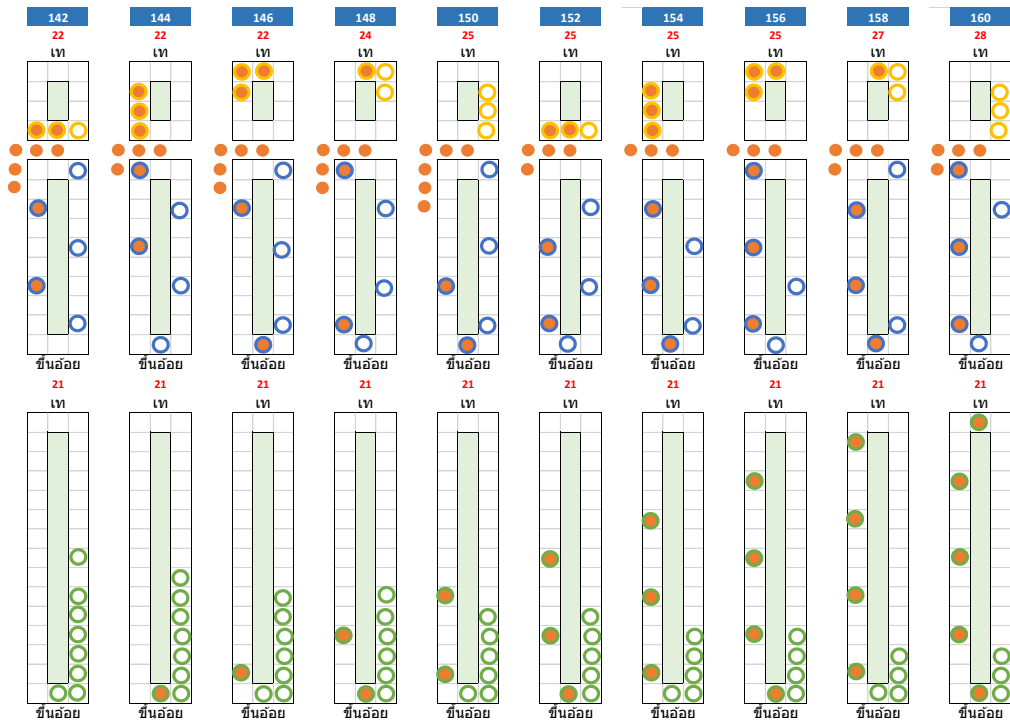


ภาพที่ 4.40 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 102 ถึงนาที่ที่ 120 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



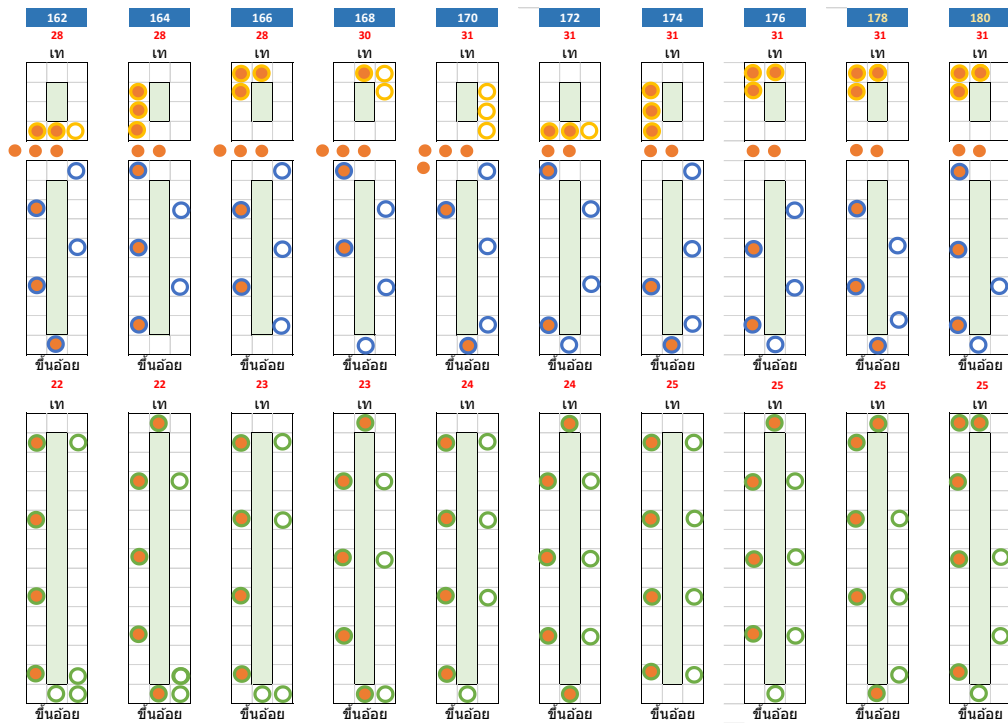
ภาพที่ 4.41 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด

ในนาที่ที่ 122 ถึงนาที่ที่ 140 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา

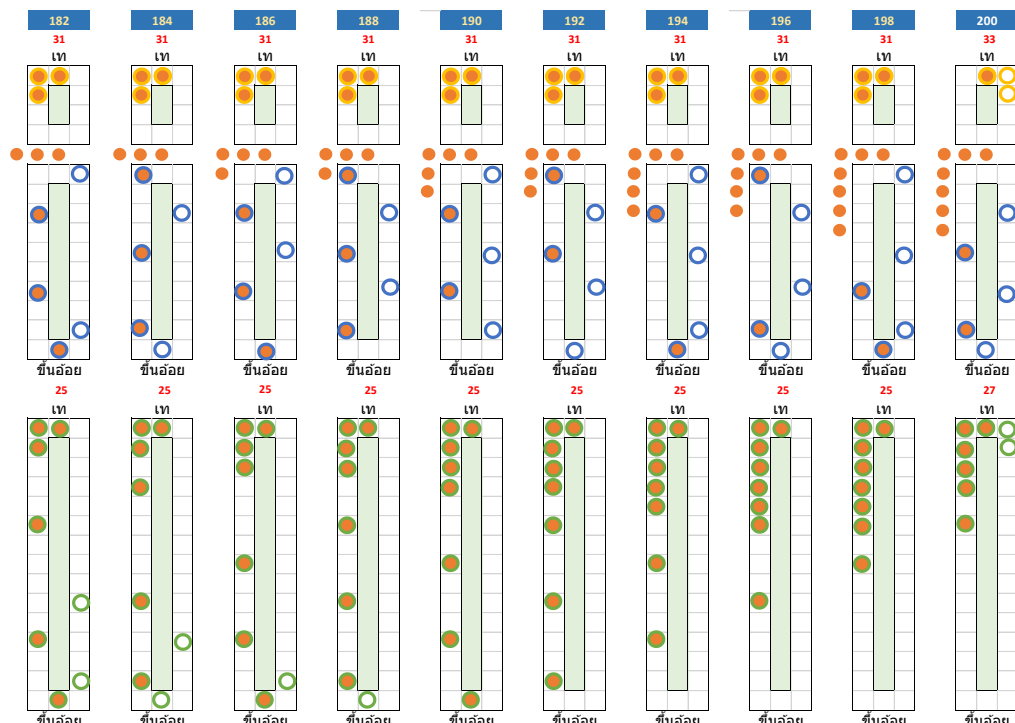


ภาพที่ 4.42 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด

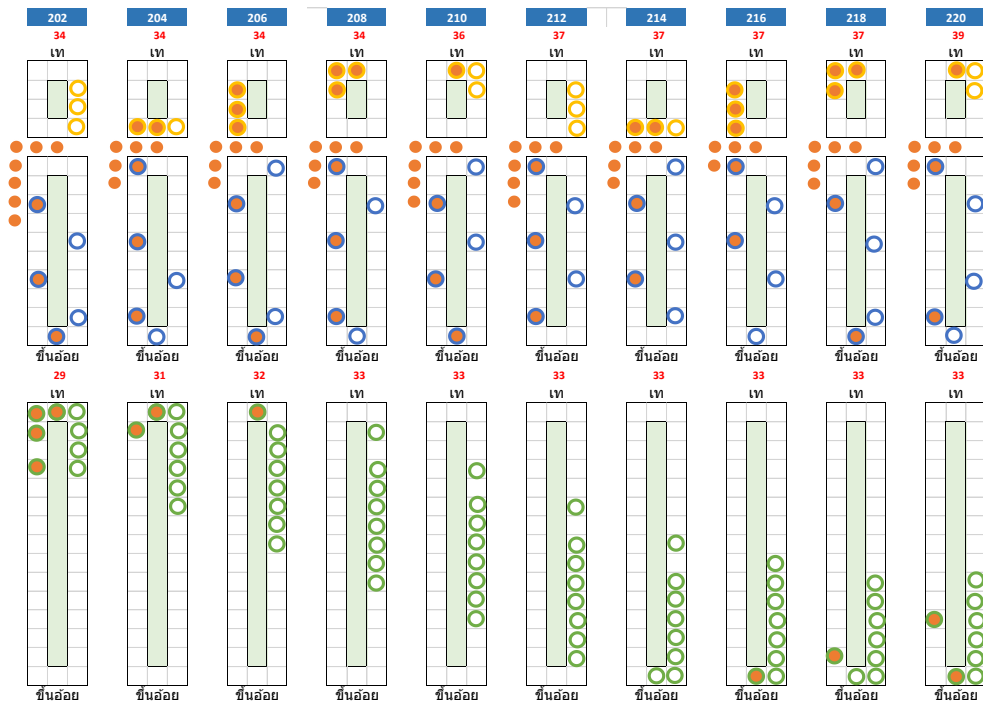
ในนาที่ที่ 142 ถึงนาที่ที่ 160 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



ภาพที่ 4.43 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 162 ถึงนาที่ที่ 180 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา

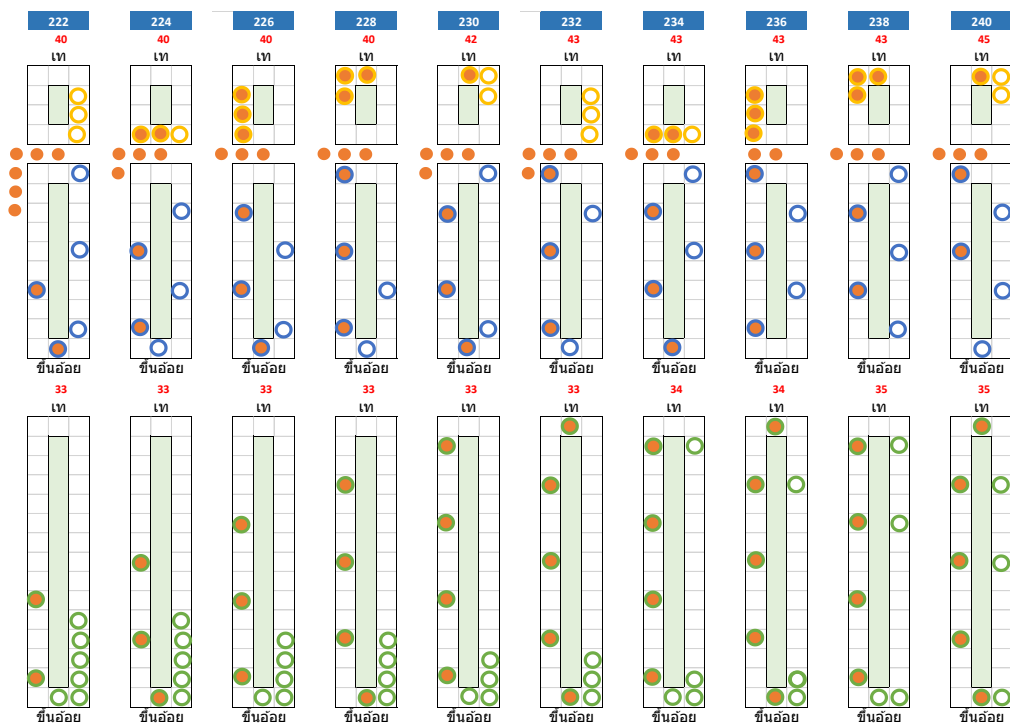


ภาพที่ 4.44 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด
ในนาที่ที่ 182 ถึงนาที่ที่ 200 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



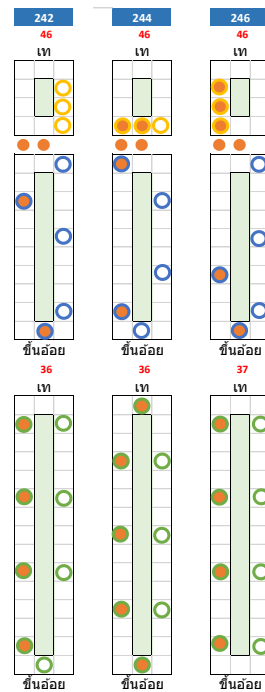
ภาพที่ 4.45 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด

ในนาที่ที่ 202 ถึงนาที่ที่ 220 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



ภาพที่ 4.46 การทำงานของระบบการขนส่งอ้อยด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด

ในนาที่ที่ 222 ถึงนาที่ที่ 240 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา



ภาพที่ 4.47 การทำงานของระบบการขนส่งด้วยชุดหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดและขนด้วยชุดหัวลาก 1 ชุด ในนาที่ที่ 242 ถึงนาที่ที่ 246 ในกรณีที่ระบบเสียมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา

จากแผนภาพจะเห็นว่าในกรณีที่มีความไม่แน่นอนของระบบสูง ระบบขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดจะสามารถขนอ้อยเข้าเตได้มากกว่าระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดเนื่องจากความเป็นอิสระของชุดรถที่ลาน และสถานีขนถ่าย โดยจำเป็นต้องมีการจัดสรรจำนวนรถทั้ง 2 ชุดให้เหมาะสม ระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดจะมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดได้ ในสถานการณ์จริงโอกาสที่จะเกิดความไม่แน่นอนดังเช่นในตัวอย่าง 2 อาจเป็นไปได้ยาก ประกอบกับการขนอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดจะต้องพิจารณาเวลาที่เสียไปจากการถอดและใส่หางประมาณครั้งละ 5 นาที อย่างไรก็ตามความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงอาจเกิดขึ้นได้จากทุกกิจกรรมในการขนส่ง การศึกษาเรื่องความแปรปรวนนี้สามารถเป็นงานวิจัยในอนาคตสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 1.2.4

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งสร้างโปรแกรมจำลองการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานด้วยรถบรรทุก ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยตัดสินใจเลือกวิธีการส่งอ้อยในสถานการณ์ต่างๆ โดยทำการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิจากโรงงานน้ำตาล 2 โรงงาน แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

5.1.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ระหว่างปีการผลิต 2559/2560 และ ปี 2560/2561

คณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติของช่วงปี 2559-2560 กับ ช่วงปี 2560-2561 จากข้อมูลพบว่า ช่วงปี 2560-2561 มีอ้อยเพิ่มขึ้นมากจนต้องหีบเพิ่มอีก 1 เดือนคือเดือนเมษายน โดยน้ำหนักบรรทุกของรถบรรทุกอ้อยรถตัดมากกว่าอ้อยคนตัด แต่น้ำหนักของอ้อยทั้งสองประเภทลดลงจากปีก่อนเล็กน้อย เวลาในการรอของรถบรรทุกอ้อยจากคนตัดและรถตัดมากขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อยโดยเฉลี่ย 10 นาที ปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานยังไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีปริมาณมากในช่วง 08.00 น. ถึง 23.00 น. และจะลดลงในช่วง 24.00 น. ถึง 07.00 น. จากผลการศึกษาที่ได้ทางโรงงานน้ำตาลสามารถนำผลของข้อมูลทางสถิติไปปรับใช้ในการวางแผนการผลิตและการจัดการการขนส่งอ้อยในช่วงที่มีปริมาณอ้อยเข้าโรงงานสูงสุดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และรักษาปริมาณอ้อยให้เป็นไปตามเป้าที่ได้กำหนด เพื่อให้ปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยทำงานอย่างเต็มกำลังการผลิต ซึ่งจะส่งผลดีต่อต้นทุนและกำไรที่ทางโรงงานน้ำตาลจะได้รับในอนาคต

5.1.2) แบบจำลองพยากรณ์เวลาในการรอจากข้อมูลซึ่งเข้าและซึ่งออก

การพยากรณ์เวลาในการรอด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression: MLR) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) จากฐานข้อมูลซึ่งเข้าและซึ่งออกของรถบรรทุกอ้อยจากโรงงาน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพยากรณ์คือ จำนวนรถแต่ละชนิด เวลา วัน และเดือน ที่อยู่หน้าโรงหีบ ณ เวลาที่พยากรณ์ โดยใช้ตัวชี้วัด 2 แบบคือ ค่าระดับความคลาดเคลื่อนกำลังสอง คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ยกกำลังสอง และ percent out of range คือ ร้อยละของค่าพยากรณ์ที่ไม่อยู่ในช่วงที่ทำการพยากรณ์ไว้ เมื่อพิจารณาตัวชี้วัดทั้งสองพบว่า วิธี MLR สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องกว่า ANN ซึ่งอาจเนื่องมาจากความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ไม่เป็นเชิงเส้นตรง จากผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองดังกล่าวสามารถคาดการณ์ปัจจัยที่มีผลกระทบในการจัดการกระบวนการขนส่ง

อ้อยได้โดยตรง กล่าวคือ ทางโรงงานน้ำตาลสามารถวิเคราะห์หาปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการรอของรถบรรทุกอ้อยในช่วงเวลาการซังเข้าและซังออกจากโรงงานน้ำตาลจากปัจจัยต่างๆ ทั้งหมดที่มีมากมาย เพื่อที่จะสามารถจัดการกับปัจจัยหลักเหล่านั้นให้ส่งผลกระทบในทางที่ดีต่อเวลารอของรถบรรทุกได้ ซึ่งนับว่าเป็นแบบจำลองที่มีส่วนช่วยในการจัดการข้อมูลเบื้องต้นก่อนการวางแผนการผลิตและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล

5.1.3) แบบจำลองแถวคอยสำหรับการเทอ้อยในโรงงานโดยโปรแกรมอาร์น่า

แบบจำลองแถวคอยสำหรับการเทอ้อยในโรงงานซึ่งใช้ข้อมูลจากรถบรรทุกที่เข้าและออกในลานในของโรงงาน ซึ่งใช้โปรแกรมอาร์น่า ซึ่งแบบจำลองกำหนดช่องเทตามประเภทอ้อย โดยช่อง 1-2 สำหรับอ้อยสด และช่อง 3-5 สำหรับอ้อยไฟไหม้ ทั้งนี้หากในช่อง 1-2 ไม่มีอ้อยสดเทอยู่ สามารถพิจารณาให้อ้อยไฟไหม้เข้าเทในช่อง 1 และ 2 ผลการทดลองพบว่า อ้อยสดมีเวลาในการรอน้อยกว่าอ้อยไหม้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจริง แต่เวลาในการรอจากแบบจำลองน้อยกว่าจากข้อมูลจริง เนื่องจากไม่ได้คิดปัจจัยด้านคิวอ้อยพิเศษที่ หรือการรอคอยทำความสะอาด หรือ รอเอกสาร ทั้งนี้อาจรวมถึง ความแออัดของรถบรรทุกในลานในที่ทำให้การเคลื่อนที่ของรถช้าลงเมื่อมีจำนวนรถบรรทุกเป็นจำนวนมาก

5.1.4) แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับการตัดอ้อย

แบบจำลองลำดับการตัดแปลงอ้อยด้วย โดยใช้วิธี Evolutionary ในโปรแกรม Excel solver เพื่อหาลำดับการตัดที่เพิ่มกำไรให้มากขึ้น โดยคำนึงถึงปัจจัยรายได้และรายจ่ายของกลุ่มเกษตรกรหรือโรงงาน สำหรับรายได้ของโรงงานอาจเกิดจากราคาน้ำตาลที่ขายได้ สำหรับรายได้ของเกษตรกรอาจเกิดจากราคาอ้อยที่ขายได้ ส่วนรายจ่ายของโรงงานอาจเกิดจากราคาที่ซื้ออ้อยหน้าโรงงาน ส่วนของเกษตรกรอาจเกิดจากต้นทุนการตัด การปลูก การดูแลรักษา รวมถึงการเดินทางจากแปลงหนึ่งไปอีกแปลงหนึ่ง ในตัวอย่างขนาดใหญ่โปรแกรมสามารถคำนวณผลกำไรได้ในรอบ 3 ปี และคนหรือรถตัดสามารถแบ่งเป็นกลุ่มตัดแปลงแยกกันได้ โดยมีแปลงหรือกลุ่มแปลง 39 กลุ่ม โปรแกรมสามารถช่วยหาลำดับการตัดที่เหมาะสมได้ในเวลาที่กำหนด แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด

5.2 สรุปผลการศึกษาของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

5.2.1) เปรียบเทียบสถิติของการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ระหว่างปีการผลิต 2558/2559 และ ปี 2560/2561

คณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติระหว่างปีการผลิต 2558/2559 และ ปี 2560/2561 โดยทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ให้มีการมุ่งเน้นไปที่รถขนส่งอ้อยประเภทรถกึ่งพ่วง 22 ล้อ เป็นหลัก เนื่องจากทางโรงงานน้ำตาลได้ใช้ระบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ชุดที่ 1 วิ่งระหว่างสถานีกับลาน ชุดที่ 2 วิ่งระหว่างลานไปเข้าเทอ้อย จากการเปรียบเทียบข้อมูลพบว่าปริมาณรถกึ่งพ่วง 22 ล้อเข้าเทเพิ่มขึ้นถึง 73% แต่เวลาในการรอกลับลดลง 1.2% ทั้งนี้เนื่องจากระบบการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลยังพยายามให้รถขนส่ง

เข้าไปยังลานในท่าที่จำเป็นเพื่อลดปัญหาความแออัดในลาน อย่างไรก็ตามก็ส่งผลทำให้รถขนส่งอ้อยทุกประเภทจะรอที่ลานนอกนานเพิ่มขึ้น

5.2.2) แบบจำลองการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล

สมการพิสูจน์ว่าในสถานการณ์ที่เวลาของกิจกรรมมีค่าคงที่ โดยระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bauer and Huber 2008

5.2.3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด

สูตรคำนวณหาต้นทุนของการขนส่งอ้อยด้วยระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดและขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ซึ่งตั้งอยู่ในสมมติฐานที่ว่าจำนวนทางเพียงพอที่จะทำให้หัวลากไม่ต้องรอลาน ผลการคำนวณสอดคล้องกับผลด้านประสิทธิภาพ คือ การขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดจะมีต้นทุนต่อตันอ้อยสูงกว่าการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดเนื่องจากรูปแบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีต้นทุนคงที่ที่เพิ่มมากขึ้น นั่นคือ หัวลากที่ลานในโรงงานและทางลากสำรอง อย่างไรก็ตามการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดอาจมีความคุ้มค่ามากกว่าจากปัจจัยอื่นๆ เช่น เวลาในการซังและเทที่เร็วกว่าถ้ามีเครื่องมือรองรับ การใช้รถขนส่งที่ราคาต่ำกว่าหรือที่มีกำลังม้าต่ำเพื่อขนส่งอ้อยจากลานไปเท ที่กล่าวไว้ในบทความของจุมพล (2561) คณะผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ผลของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าในสถานการณ์ปกติที่เวลาของกิจกรรมไม่มีความแปรปรวนมาก ระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดจะมีประสิทธิภาพมากกว่า แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าเกิดเหตุการณ์ที่ต้องหยุดกิจกรรมลงยกตัวอย่างเช่น เครื่องจักรเสียหรือต้องให้คิวเทแก่รถประเภทอื่นระบบขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด จะสามารถทำงานได้ดีกว่า ดังนั้นการที่จะให้รูปแบบการขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าจำเป็นต้องจัดสรรให้หัวลากและทางลากสมดุลกันเพื่อจะได้มีขนส่งอ้อยสู่โรงงานน้ำตาลได้อย่างต่อเนื่อง

5.2.4) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำ

สูตรการคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำ การจัดสรรจำนวนรถในการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด มีความสำคัญมากเนื่องจาก ถ้าจัดรถบรรทุกขนส่งไม่สมดุลแล้วจะเกิดคอขวดขึ้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งซึ่งจะทำให้ระบบทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นถ้ามีรถมากเกินไปความจำเป็นจะทำให้รถต้องจอดรอโดยไม่จำเป็น สูตรการคำนวณช่วยให้สามารถหาจำนวนรถขั้นต่ำที่ควรจะมี แต่ในสถานการณ์จริงอาจต้องมียอดมากกว่าที่คำนวณเพื่อลดความเสี่ยงของการขาดรถจากความไม่แน่นอนของเวลาในกิจกรรม ส่วนจำนวนทางที่บรรทุกนั้น

ต้องมีย่าน้อยเท่ากับจำนวนหัวลากเพื่อให้หัวลากทำงานได้ การมีหางมากกว่าหัวลากทำให้ชุดหัวลากทั้งสองเป็นอิสระต่อกันคือหัวลากชุดหนึ่งสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องรอหัวลากอีกชุดหนึ่ง

5.2.5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแผนภาพการทำงานของระบบการขนส่งทั้งสองประเภทถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการขนส่ง ผลการวิจัยพบว่าในสถานการณ์ที่เวลาของกิจกรรมต่างๆ เป็นค่าคงที่ การขนส่งด้วยรถบรรทุก 1 ชุด หรือเปรียบเทียบได้กับระบบ CONWIP มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบ 2-stage Kanban สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bauer and Huber (2008) ในทางตรงกันข้ามแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าระบบหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดอาจมีประสิทธิภาพมากกว่าได้ เมื่อระบบมีการขัดข้องหรือมีความแปรปรวนของเวลาในกิจกรรมการขนส่งสูง เช่นเครื่องจักรหรือรถเสียบ่อย หรืออ้อยมาไม่สม่ำเสมอ

แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกจากการทำเหมืองข้อมูลจากฐานข้อมูลรถเข้าและออกลานในสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาร่วมกับอุปกรณ์บอกตำแหน่ง (GPS) และ แอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อใช้ในการจัดตารางการขนส่งอ้อย รวมถึงการตัดอ้อยให้มีความสัมพันธ์กัน และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในอนาคต

บรรณานุกรม

- Díaz, J. A., & Perez, H. G. (2000). **Simulation and optimization of sugar cane transportation in harvest season**. In Simulation Conference, 2000. Proceedings. Winter (Vol. 2, pp. 1114-1117). IEEE.
- Grunow, M., Günther, H. O., & Westinner, R. (2007). **Supply optimization for the production of raw sugar**. International Journal of Production Economics, 110 (1-2), 224-239.
- Higgins, A. 2006. **Scheduling of Road Vehicles in Sugarcane Transport: A Case Study at an Australian Sugar Mill**. European Journal of Operational Research, 170. 987–1000.
- Indexmundi. (2018). **Sugar Price**. Available Source:
<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=sugar&months=120>
- Jodlbauer, H., & Huber, A. (2008). **Service-level performance of MRP, kanban, CONWIP and DBR due to parameter stability and environmental robustness**. International Journal of Production Research, 46(8), 2179-2195.
- Neungmatcha, W., Sethanan, K., Gen, M., & Theerakulpisut, S. (2013). **Adaptive genetic algorithm for solving sugarcane loading stations with multi-facility services problem**. Computers and electronics in agriculture, 98, 85-99.
- Piewthongngam, K., Pathumnakul, S., & Setthanan, K. (2009). **Application of crop growth simulation and mathematical modeling to supply chain management in the Thai sugar industry**. Agricultural Systems, 102(1-3), 58-66.
- Pernase, S., & Pekol, A. D. A. M. (2012, September). **The Transportation of Sugar Cane in Queensland's Sugar Industry**. In Australasian Transport Research Forum 2012 Proceedings (pp. 26-28).
- Perry, I. W., & Wynne, A. T. (2004). **The Sugar Logistics Improvement Programme (SLIP): an initiative to improve supply chain efficiencies in the South African sugar industry**. International sugar journal, 106(1270), 559-567.

Supsomboon, S., & Niemsakul, J. (2014). **A linear programming for sugarcane cultivation and harvest planning with cane survival rate**. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(4), 207-216.

Vorasayan, J., & Pathumnakul, S. (2014). **Optimal logistics system for sugarcane mechanical harvesting in Thailand**. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 9(15), 28-35.

Vorasayan, J. (2018). **A simulation to compare single-loop and double-loop sugarcane transportation protocols**. *International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM), 2018 7th International Conference on* (pp. 309-313). IEEE.

กฤษณะ สติธัญวัฒน์. 2548. ระบบปฏิบัติการสำหรับการจัดส่งอ้อยจากไร่เข้าสู่โรงงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จิรุตม์ ศรีรัตนบัลล์. มปป. การวิเคราะห์งบประมาณในการบริหาร. แหล่งที่มา:
www.stou.ac.th/Thai/Grad_Stdy/schools/shs/DOC/no5/no5-3.doc

เชษฐา ชำนาญหล่อ. 2547. การจัดสรรบรรทุกอ้อยในเขตพื้นที่เพื่อใช้ในการขนส่งอ้อยจากแปลงเพาะปลูกมายังโรงงานน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธัญญาลักษณ์ บุญเอนก. 2555. การศึกษาปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านเอกสารประกอบการเดินพิธีการส่งออกสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ปวีณรัช ทองรักขาว. 2559. การประมาณจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิรุณห์ ชาญเศรษฐิกิจ. 2535. แถวคอย และการจำลองสถานการณ์, ม.ป.ท.

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2542. **พืชเศรษฐิกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

กัมภีวัฒน์ วิไลลักษณ์. 2559. การจำลองสถานการณ์การเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย กรณีศึกษา บริษัทเกษตรไทยอุตสาหกรรมน้ำตาล จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- วิจัยกรุงศรี. 2559. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2559-61 อุตสาหกรรมน้ำตาล. แหล่งที่มา:
https://www.krungsri.com/bank/getmedia/e246cd57.../IO_Sugar_2016_TH.aspx
- วัชรชาญ สุขเจริญวิภารัตน์. 2555. การศึกษาศักยภาพการขนส่งอ้อยด้วยรถแทรกเตอร์ลาก
เทรลเลอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมพล พุ่งหว่า. 2544. การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจ (Quantitative Analysis For Decision
Making) GM 307. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ
- สุทธิมา ชำนาญเวช. 2551. การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการและการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท
วิทย์พัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. 2560. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2559/2560. แหล่งที่มา:
<http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9999.pdf>
- สำนักบริหารอ้อยและน้ำตาลทราย. 2561. รายงานการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศ
ประจำปีการผลิต 2560/2561. แหล่งที่มา:
www.ocsb.go.th/th/cms/index.php?SystemModuleKey=production

ภาคผนวก ก.

บทสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล

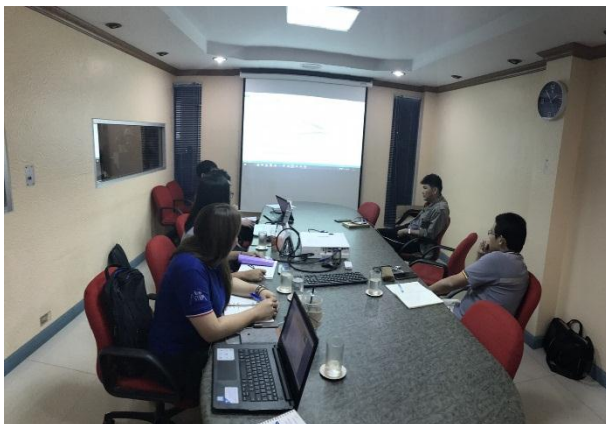
1. โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1

ตั้งแต่เริ่มโครงการแบบจำลองแถวคอยสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ ทางทีมผู้วิจัยได้มีการเข้าไปยังบริษัทเพื่อรับฟังปัญหาและคำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการขนส่งอ้อย ตั้งแต่ไร่เข้าสู่โรงงาน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ของบริษัทเป็นอย่างดี ในแต่ละครั้งที่มีการเข้าไปประชุมกับผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ ทางทีมผู้วิจัยจะมีการนำเสนอแนวทางการแก้ไขจากปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบการดำเนินงานให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้จริง ซึ่งทางทีมผู้วิจัยได้มีการเข้านำเสนอแนวทางการวิจัยของโครงการที่โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ทั้งหมด 7 ครั้งดังนี้

ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2560

ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอเครื่องมือเพื่อสร้างแบบจำลองแถวคอยสำหรับระบบการขนส่งอ้อยของอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อใช้สำหรับการคำนวณการจัดสรรทรัพยากรสำหรับการวางแผนการตัดอ้อยและการจัดการการขนส่งอ้อย นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้

- 1) ปัญหาในการจัดการลำดับการใช้งานของรถตัดอ้อยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
- 2) ปัญหาระยะเวลาในการรอที่เกิดขึ้นในช่วงที่รถตัดอ้อยรอรอบรถบรรทุกเพื่อมาขนอ้อยที่ไร่
- 3) ปัญหาในการควบคุมตำแหน่งและเส้นทางการเดินรถของพนักงาน
- 4) ปัญหาในการมีค่าใช้จ่ายที่มากเกินไป ในเรื่องของขนถ่ายขี้หม้อกรอง



ภาพผนวกที่ ก.1 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 1

ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2560

ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอต่อยอดจากแนวทางการวางแผนในการประชุมครั้งที่ 1 โดยได้มีการเพิ่มการวางแผนการตัดอ้อยของเกษตรกรเข้าไปด้วย เพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการแผนการตัดอ้อยที่ต่างกันจะให้ปริมาณอ้อยที่ถูกส่งเข้าโรงงานที่แตกต่างกันด้วย นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้

1) ทางบริษัทมีการแนะนำในเรื่องของปัจจัยในกระบวนการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยพบว่าในส่วนของคุณภาพคนตัดอ้อย ไม่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการดังกล่าว

2) ทางบริษัทแนะนำในเรื่องปัจจัยที่จะส่งผลต่อความพร้อมในการวางแผนการตัดอ้อยคือ อายุของอ้อยและอ้อยที่ถูกไฟไหม้ เนื่องจากอายุของอ้อยและอ้อยที่ถูกไฟไหม้จะส่งผลต่อค่าความหวานที่ได้จากน้ำอ้อยหลังจากการหีบอ้อย และอ้อยต่อจะให้ความหวานมากกว่าอ้อยใหม่



ภาพผนวกที่ ก.2 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีสืบศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 2

ครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2560

ในประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอความคืบหน้าหลังจากได้รับข้อมูลเกี่ยวข้องกับโควต้าการตัดอ้อยของรถ 1 คัน ซึ่งมีทั้งหมด 7 โควต้า โดยทางทีมผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด (Optimization Model) เพื่อสร้างแบบจำลองการจัดลำดับของการตัดอ้อยของรถตัดที่เหมาะสมสำหรับโรงงาน โดยเป้าหมายเพื่อให้เกิดรายได้ที่สูงสุด ในขณะที่ลดต้นทุนในการตัดอ้อยให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้

1) ปัญหาการตัดอ้อยไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากอุปสรรคหลายด้าน เช่น พื้นที่แปลงไม่มีความเหมาะสม กำลังคนไม่เพียงพอ บางโควต้าไม่มีคนงานในการลงไปตัดอ้อยหรือการคาดคะเนจากความเป็นไปได้จากการตัดของพนักงาน ทำให้มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากแผนที่วางไว้ตอนต้น

2) ปัญหาด้านกฎ ระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับรถบรรทุกยังคงมีความเข้มงวดมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเรื่องของของน้ำหนักการบรรทุก

3) ปัญหาค่าน้ำมันไม่เป็นไปตามจริง เนื่องด้วยข้อมูลการใช้น้ำมันของพนักงานขับรถบรรทุกแต่ละคันมีความไม่แน่นอน เพราะว่ามีคนรายงานคือคนขับ อาจจะมีการใช้น้ำมันในการขับรถในกิจส่วนตัวได้



ภาพผนวกที่ ก.3 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 3

ครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2561

ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอการใช้โปรแกรม SPSS สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลแถวคอยและการตัดอ้อย ซึ่งใช้ข้อมูลของโรงงานน้ำตาลจำนวน 2 วัน ในเดือนธันวาคม 2559 และเดือนกุมภาพันธ์ 2560 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเบื้องต้น โดยพบว่า ข้อมูลบางส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ อาทิเช่น น้ำหนักของอ้อยกับพื้นที่ เวลาในการรอคอยกับเดือนที่เก็บข้อมูล เวลาในการรอคอยกับประเภทอ้อย เวลาในการรอคอยกับการมาถึงของรถ เป็นต้น นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้ คือ ทางบริษัทแนะนำในเรื่องของเกณฑ์การเลือกพื้นที่การตัดอ้อยในมุมมองของเกษตรกรและทางโรงงานจะแตกต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ ทางโรงงานจะพิจารณาลักษณะพื้นที่ที่สามารถลงได้ก่อน แล้วค่อยพิจารณาค่าความหวาน แต่สำหรับชาวไร่อ้อย จะคำนึงถึงเรื่องความหวานอ้อยเป็นหลักในการเลือกลำดับการตัดอ้อย



ภาพผนวกที่ ก.4 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 4

ครั้งที่ 5 เมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2561

ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอแบบจำลองการจัดลำดับการตัดอ้อย โดยแบบจำลองนี้ได้พัฒนาจากโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน และไม่จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม โดยเป็นการต่อยอดจากการประชุมครั้งก่อน ซึ่งยึดหลักเป้าหมายเพื่อให้ได้รายได้สูงสุด และต้องมีต้นทุนในการตัดอ้อยน้อยที่สุด ทางทีมวิจัยได้ใช้แนวทางแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic Optimization) ด้วยวิธีแบบวิวัฒนาการ (Evolutionary Model) นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้

1) ปัญหาในการนำข้อมูลค่าความหวานมาใช้ เนื่องจากทางบริษัท ยังมีการคาดคะเนค่าความหวานในแต่ละรอบ จึงเป็นไปได้ยากในการระบุค่าที่แน่นอน ซึ่งในบางครั้งโควต้าอ้อยแปลงเดียวกันสามารถให้ค่าความหวานที่แตกต่างกันได้

2) การนำเสนอแบบจำลองการจัดลำดับการตัดอ้อย ทางบริษัทแนะนำให้ทางทีมวิจัยบอกขั้นตอนในการดำเนินงานของแบบจำลอง และปรับให้ตรงกับหน่วยงานมากขึ้น



ภาพผนวกที่ ก.5 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 5

ครั้งที่ 6 เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2561

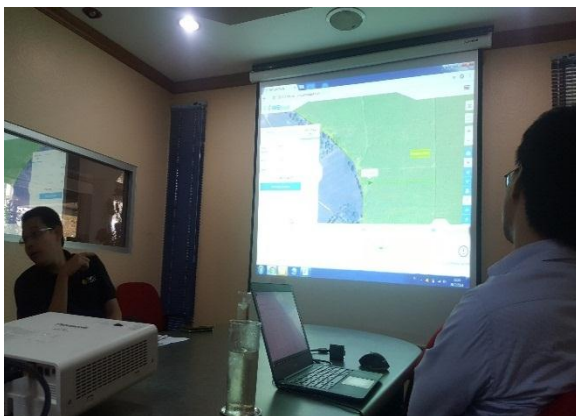
ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอการสร้างแบบจำลองของกิจกรรมในแต่ละกิจกรรมในการขนส่งอ้อยเพื่อให้เห็นภาพของการจัดการการขนส่งอ้อย โดยคำนวณจากระยะทางและเวลาของการรอคอยของประเภทรถในแต่ละประเภทก็จะมีเวลาในการรอที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้

1) จากการวิจัยพบว่าเวลาในการรอของรถบรรทุกในแต่ละช่วงเวลาเข้าออกตั้งแต่ช่วงเวลาเช้าจนถึงช่วงเวลาดอนเย็นมีความสัมพันธ์กันเนื่องจากช่วงเวลาในการรอของรถบรรทุกในแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน อีกทั้งเวลารอของรถบรรทุกตั้งแต่ช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาดอนเย็นมีความแตกต่างกัน จากการ

วิเคราะห์ในการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2013 มีปัจจัยตัวแปรที่หลากหลายในการคำนวณ ดังนั้นเราจึงหาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อลดค่าตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องไม่ให้เกิดความยุ่งยากในการคำนวณ โดยทำการลดตัวแปรดังกล่าวออก

2) จากการวิจัยพบว่าเวลาในการรอของรถบรรทุกในแต่ละประเภทที่อยู่ในลานพบว่า เวลาในการรอของรถบรรทุกทุกประเภทในแต่ละประเภท และในแต่ละช่วงไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณรถที่เข้ามาอยู่ในลานเสมอไปแต่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของคนตัดอ้อย ณ เวลานั้น ว่าใช้ช่วงเวลาในการตัดอ้อยไปเวลาเท่าใด เนื่องจากช่วงเวลาในการรอของรถในลานจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของคนตัดอ้อย เพราะว่า ถ้าหากช่วงเวลาของคนตัดอ้อยมีเวลาสั้นทำให้ ปริมาณของรถที่วิ่งเข้าสู่โรงงานมีปริมาณสูงแต่ถ้า ช่วงเวลาของคนตัดอ้อยใช้เวลานานทำให้ช่วงเวลาของรถที่วิ่งเข้าสู่โรงงานนั้นมีปริมาณน้อย ซึ่งทำให้ปริมาณรถที่เข้าสู่โรงงานและคนตัดอ้อยมีความยืดหยุ่นซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ได้นำรูปแบบทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการพยากรณ์ในครั้งนี้ ได้แก่ Multiple Linear Regression, Genetic Algorithm และ Artificial Neural Network

อย่างไรก็ตามทางบริษัทได้นำเทคโนโลยีในการนำข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถบอกตำแหน่งพิกัด (X,Y,Z) ความเร็วและเวลาของรถตัดอ้อยของรถบรรทุกในแต่ละประเภท GPS หรือ Global Positioning System ซึ่งทางทีมวิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของระบบปฏิบัติการของระบบ GPS เนื่องจากข้อมูลที่ได้มามีความสอดคล้องในงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่เข้ามานำมาพยากรณ์ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด อย่างเช่น ช่วงเวลาในการเดินทางของรถ เวลาในการรอในแต่ละจุดของรถ ช่วงเวลาในการทำงานของรถตัดอ้อย และความเร็วของรถในแต่ละประเภทอีกด้วย โดยทางบริษัทได้ใช้ระบบปฏิบัติการคือ We trust GPS system ได้นำระบบมาดัดแปลงใช้กับระบบการขนส่งอ้อย



ภาพผนวกที่ ก.6 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 6

ครั้งที่ 7 เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2561

ประเด็นหัวข้อที่สำคัญ คือ การนำเสนอแนวคิดต่อยอดจากการประชุมในครั้งก่อนหน้านั้นคือ สรุปข้อมูลเปรียบเทียบสถิติของการหีบอ้อยระหว่างปี 2560 และปี 2561 กับตัวแบบพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุกจากข้อมูลที่ได้รับรวบรวมมาจากผู้ประกอบการ ซึ่งแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลเปรียบเทียบสถิติของการหีบอ้อยระหว่างปี 2560 และปี 2561

ทางคณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการหีบอ้อยระหว่างช่วงปี 2560 กับ ปี 2561 ซึ่งแบ่งประเภทในการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ ปริมาณอ้อย และเวลาในการรอ โดยข้อมูลในปี 2560 เป็นข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2559 - มีนาคม 2561 ส่วนข้อมูลในปี 2561 เป็นข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2560 - เมษายน 2561 ซึ่งจัดกลุ่มข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ อ้อยประเภทคนตัด และอ้อยประเภทรถตัด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1) ปริมาณอ้อย

ในช่วงเวลาหีบทั้ง 2 ช่วง ค่าเฉลี่ยปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานมีความใกล้เคียงกัน โดยอ้อยประเภทคนตัดค่าเฉลี่ยปริมาณอ้อยประมาณ 15.10 ตัน และอ้อยประเภทรถตัดค่าเฉลี่ยปริมาณอ้อยประมาณ 17.55 ตัน อย่างไรก็ตามอ้อยประเภทคนตัดจะมีปริมาณรถบรรทุกขนส่งอ้อยเข้าโรงงานมากกว่าอ้อยประเภทรถตัด โดยในปี 2560 อ้อยประเภทคนตัดมีปริมาณรถบรรทุกขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน 47,983 คัน ส่วนในปี 2561 อ้อยประเภทคนตัดมีปริมาณรถบรรทุกขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน 58,322 คัน นอกจากนี้ช่วงเวลาประมาณ 09.00 น.-17.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานมากที่สุด ส่วนช่วงเวลา 04.00 น.-05.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณอ้อยที่เข้าโรงงานน้อยที่สุด

1.2) เวลาในการรอ

ในช่วงเวลาหีบทั้ง 2 ช่วง ค่าเฉลี่ยเวลาในการรอที่เข้าโรงงานมีความใกล้เคียงกัน โดยอ้อยประเภทคนตัดค่าเฉลี่ยปริมาณอ้อยประมาณ 153.54 นาที และอ้อยประเภทรถตัดค่าเฉลี่ยปริมาณอ้อยประมาณ 109.42 นาที จะเห็นได้ว่าอ้อยประเภทรถตัดจะมีเวลารอน้อยกว่าอ้อยประเภทคนตัด เพราะมีการจัดสรรแท่นเทอ้อยหรือดัมพ์ไว้สำหรับอ้อยประเภทรถตัดโดยเฉพาะ

จากปริมาณอ้อยเข้าโรงงานในฤดูกาลผลิต 2560/2561 จะมีปริมาณอ้อยมากกว่าฤดูกาลผลิตในปีที่ผ่านมา เนื่องจาก สภาพอากาศที่มีฝนตกหนักในช่วงปลายปีที่แล้วส่งผลให้ปริมาณผลผลิตมีมากขึ้น อีกทั้งยังปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการตัดอ้อย

2) ตัวแบบพยากรณ์เวลาในการรอของรถบรรทุก

การนำเสนอแนวคิดต่อยอดจากการประชุมในครั้งก่อนหน้าพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ Multiple Linear Regression จากเดิมวิธีการดังกล่าวศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรตาม (Dependent variable , Y) หนึ่งตัวกับตัวแปรอิสระ (Independent variable, X) มากกว่าหนึ่งตัว และความสัมพันธ์ดังกล่าวยังเป็นแบบเส้นตรงเพียงสมการเดียว แต่ทางคณะผู้วิจัยจะพัฒนาให้เป็นขอบเขตเป็นช่วงที่มีปริมาณรถบรรทุกมากที่สุด เพื่อเป็นการมองหาผลลัพธ์ในช่วงที่ตัวแบบคำนวณออกมาได้ให้ทางผู้ประกอบการมีตัวเลือกมากขึ้นในการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง นอกจากนี้ในอนาคตข้างหน้าจะนำตัวแบบดังกล่าวนี้ไปเขียนเป็นแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่สามารถช่วยในการประมาณเวลารอของรถบรรทุกอ้อย นับว่าเป็นส่วนช่วยเหลือผู้ประกอบการโรงงานน้ำตาล ชาวไร่อ้อย หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนของอุตสาหกรรมน้ำตาลในการตรวจสอบและพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งอ้อยของประเทศไทย



ภาพผนวกที่ ก.7 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 ครั้งที่ 7

2. โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2

การค้นคว้าและการวิจัยพัฒนามีจุดเริ่มต้น ตั้งแต่เริ่มโครงการแบบจำลองสำหรับการวางแผนการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ ทางทีมผู้วิจัยได้มีการเข้าไปยังบริษัทเพื่อรับฟังปัญหาและคำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการขนส่งอ้อยตั้งแต่ไร่เข้าสู่โรงงาน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ของบริษัทเป็นอย่างดี ในแต่ละครั้งที่มีการเข้าไปประชุมกับผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ ทางทีมผู้วิจัยจะมีการนำเสนอแนวทางการแก้ไขจากปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบการดำเนินงานให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้จริง ซึ่งทางทีมผู้วิจัยได้มีการเข้านำเสนอแนวทางการวิจัยของโครงการที่โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ทั้งหมด 6 ครั้งดังนี้

ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2560

ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอแบบจำลองสำหรับระบบการขนส่งอ้อยของอุตสาหกรรมน้ำตาล โดยสร้างแบบจำลองการขนส่งของทั้งสองระบบ คือ การขนส่งจากสถานีขนถ่ายเข้าสู่โรงงานโดยใช้หัวลาก 1 ชุดที่มีการใช้รถพ่วง (Full Trailer) และการขนส่งแบบใหม่ที่มีการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดที่มีการใช้รถกึ่งพ่วง (Semi-Trailer) พร้อมทั้งนำเสนอเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในการเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการขนส่งของรถบรรทุกทั้งสองรูปแบบ

การประชุมในครั้งนี้ทางบริษัทได้มีการแนะนำเกี่ยวกับโครงสร้างของบริษัทและระบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งน้ำตาล โดยมีการนำเสนอสถานที่ตั้งสถานีขนถ่ายที่มีการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งมีสถานีขนถ่ายทั้งหมด 21 ทั้งนี้สถานีขนถ่ายจะเป็นจุดศูนย์กลางของการรับอ้อยในแต่ละแปลง ซึ่งโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 เล็งเห็นถึงต้นทุนของการขนส่งอ้อยจากไร่มาถึงโรงงาน ส่งผลให้ชาวไร่มีต้นทุนสูงในการขนส่งอ้อยถึงโรงงาน ดังนั้นจึงมีการสร้างสถานีขนถ่ายให้เป็นจุดศูนย์กลางระหว่างแปลงไร่ในแต่ละที่ เพื่อลดต้นทุนการขนส่งของชาวไร่ ดังนั้นทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 จึงได้ทำสร้างแบบแผนการขนส่งอ้อยเป็น 2 ช่วง โดยมีรายละเอียดดังนี้

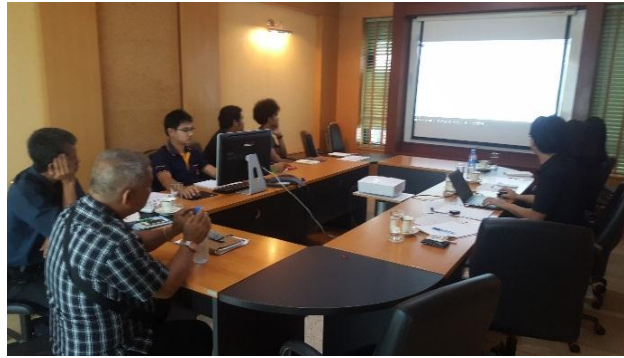
1) ช่วงแรก ชาวไร่บรรทุกอ้อยมาถึงหน้าลานสถานีขนถ่าย โดยลานจะทำหน้าที่เป็นคลังรับอ้อยในตำแหน่งนั้นๆ หลังจากที่รถของชาวไร่ได้ทำการเทอ้อยลงลานเสร็จ รถของชาวไร่จะทำการตีกลับเพื่อไปรับอ้อยต่อไป

2) ช่วงที่สอง เมื่อปริมาณการรับอ้อยของลานสถานีขนถ่ายถึงระดับหนึ่ง ลานจะทำการขนถ่ายด้วยรถพ่วงซึ่งเป็นรถพ่วงเปล่าของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 รอรับ เมื่อทำการขนถ่ายเสร็จสิ้นรถพ่วงที่รับจากอ้อยลานจะเดินทางไปสู่โรงงาน

นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัทดังต่อไปนี้

1) ปัญหาของชาวเกษตรกรมีรายเล็กเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้จำนวนรถที่เข้ามาส่งอ้อยในลานมีจำนวนมาก

2) ปัญหาทางด้านโควตาของชาวไร่ โดยชาวไร่ที่โรงงานน้ำตาลทำสัญญาให้รวบรวมจัดหาอ้อยจากผู้คนที่ต้องการส่งให้กับโรงงานน้ำตาล ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นชาวไร่อ้อยที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยจำนวนน้อย



ภาพผนวกที่ ก.8 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 1

ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2560

ประเด็นหัวข้อคือ นำเสนอแนวคิดที่ต่อยอดจากการประชุมครั้งที่ผ่านๆ มา โดยโรงงานได้เชิญผู้ประกอบการรับเหมาขนส่งมารับฟังและแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล นอกจากนี้ทีมผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการวิจัยที่จะดำเนินการพร้อมกันกับโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 โดยมีแนวคิดในการวิจัยดังต่อไปนี้

1) การสร้างแบบจำลองในการขนส่งอ้อยโดยคำนวณจำนวนของรถบรรทุก หัวลาก ลูกพ่วง โดยใช้แบบจำลองคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel จากสถานีขนถ่ายไปยังโรงงาน

2) คำนวณหาต้นทุนการขนส่งอ้อยอย่างเหมาะสม โดยเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการขนส่ง

นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางบริษัท คือ ทางผู้รับเหมาประสบปัญหาเรื่องจำนวนการใช้หัวรถพ่วงและหางรถพ่วงในแต่ละรอบที่ไม่แน่นอน เนื่องจากช่วงเวลาในการทำกิจกรรมของรถบรรทุกขนส่งอ้อยในแต่ละช่วงมีเวลาที่ไม่แน่นอน จึงจำเป็นต้องหาจำนวนรถพ่วงที่เหมาะสมต่อกระบวนการขนส่ง



ภาพผนวกที่ ก.9 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 2

ครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2560

ประเด็นหัวข้อ คือ นำเสนอแนวคิดที่ต่อยอดจากการประชุมครั้งที่ผ่านมา โดยคณะที่วิจัยได้มีการเริ่มดำเนินงานวิจัยไปบางส่วน ซึ่งมีผลงานดังนี้

งานวิจัย 1: การสร้างแบบจำลองในการขนส่งอ้อยโดยคำนวณจำนวนของรถบรรทุก หัวลาก ลูกฟ่งที่แตกต่างกันออกไป โดยใช้แบบจำลองคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

งานวิจัย 2: จำลองการขนส่งอ้อยของรถฟ่งหัวลากจากแปลงไปสถานีขนถ่ายและจากสถานีขนถ่ายไปโรงงาน ด้วยโปรแกรม Arena Simulation

งานวิจัย 3: คำนวณหาต้นทุนการขนส่งอ้อยอย่างเหมาะสม โดยเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการขนส่ง

จากข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมจากโรงงานในเรื่องของระบบคิวของรถฟ่ง ซึ่งเป็นเป็นตัวกำหนดปริมาณตามสัดส่วนอ้อยที่จะนำเข้าโรงงาน โดยระบบคิวแบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกันคือ ระบบคิวล็อก คือ ระบบที่มีการกำหนดสัดส่วนปริมาณอ้อยในการเข้าโรงงานตามที่โรงงานกำหนดไว้ และระบบคิวเสรีเป็นระบบที่สามารถขนส่งอ้อยในปริมาณอ้อยในปริมาณเท่าใดก็ได้ โดยปัจจุบันทางโรงงานได้เปิดคิวเสรีในช่วงเริ่มเปิดหีบตั้งแต่วันที่ 31 พฤศจิกายน ถึง ช่วงกลางเดือนมกราคม เนื่องจาก ช่วงเวลาเริ่มต้นเป็นช่วงเวลาในการแจ้งคิว และหลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการใช้ระบบคิวล็อกเพื่อกำหนดปริมาณอ้อยเข้าสู่โรงงานต่อไป นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มเติมรายละเอียดในการขนส่งอ้อยของมีรับเหมาดังนี้

หัวหน้าแผนกงานของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ได้นำเสนอภาพแสดงที่ตั้งลานขนถ่ายของบริษัท โดยระยะห่างของลานในโรงงานกับลานของสถานีขนถ่ายโนนคูณเท่ากับ 176 กิโลเมตร เป็นจุดศูนย์กลางของการรับอ้อยในแต่ละแปลงของบริเวณใกล้เคียง ซึ่งมีระยะเวลาในการขนส่งเท่ากับ 6 ชั่วโมง นอกจากนี้จำนวนรถหัวลากของผู้รับเหมาเท่ากับ 16 คัน ในการรับส่งอ้อย ส่วนอีก 2 คัน จะอยู่ประจำที่โรงงานน้ำตาล ซึ่งแบ่งชนิดของกำลังแรงม้าเป็น 360 แรงม้า จำนวน 7 คัน และ 260 แรงม้า จำนวน 9 คัน โดยผู้รับเหมาได้ทำสัญญากับโรงงานปริมาณ 60,000 ตัน ซึ่งมีการจัดคิวให้กับผู้รับเหมาอยู่ที่ 17 คิว ต่อ 3,500 ตัน ใน 100 วัน ดังนั้นโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 จึงได้ทำการสร้างแบบแผนการการขนส่งอ้อยจากโรงงานถึงสถานีขนถ่ายและสถานีขนถ่ายไปยังโรงงาน โดยโรงงานแบ่งออกเป็นสองลานด้วยกันคือลานนอก และลานใน ซึ่งมีระยะเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละจุดที่แตกต่างกัน



ภาพผนวกที่ ก.10 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 3

ครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561

ประเด็นหัวข้อคือ การนำเสนอการพยากรณ์เวลาในระบบของรถบรรทุกอ้อย โดยการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษาทั้งหมด เช่น วันและเวลาซึ่งเข้า ค่าความหวาน (CCS) น้ำหนักรถ และ เลขลำดับคิว เป็นต้น ซึ่งตัวแปรอิสระเหล่านี้มีได้หลายตัวมาก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องมีการลดตัวแปร ด้วยการตัดตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันและมีความสำคัญน้อยลงจากการพยากรณ์ โดยจะเลือกคู่ตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 0.7 และมีนัยสำคัญน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.01 เมื่อได้ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อเวลารอของรถบรรทุก หลังจากนั้นเข้าสู่การพยากรณ์โดยวิธีในการพยากรณ์ในครั้งนี้ ได้แก่ Multiple Linear Regression, Genetic Algorithm และ Artificial Neural Network ซึ่งจะพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ให้เป็นขอบเขตเป็นช่วงที่มีปริมาณรถบรรทุกมากที่สุด เพื่อเป็นการมองหาผลลัพธ์ในช่วงที่ตัวแบบคำนวณออกมาได้ให้ทางผู้ประกอบการมีตัวเลือกมากขึ้นในการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยตัวแบบนี้ก็เป็นหนึ่งในตัวแบบที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 1 เช่นกัน นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจากทางโรงงานน้ำตาลดังต่อไปนี้

ทางผู้ประกอบการของโรงงานน้ำตาลและผู้รับเหมาขนส่งอ้อย ได้มีการให้ความรู้เพิ่มเติมได้เรื่องของกฎหมายจากกรมขนส่งทางบก โดยที่รถบรรทุกจะต้องติดตั้งระบบ GPS ให้ครบทุกคันภายในปี 2562 ซึ่งมีผลบังคับใช้แล้ว แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสำหรับการขนส่ง แต่เพื่อความปลอดภัยในการใช้ถนน และเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งมากขึ้นด้วย และทางเจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลมีการแลกเปลี่ยนความรู้ในที่ประชุมด้วยอีกว่า ทางโรงงานจะมีการใช้ระบบโควตากับรถขนาดเล็กด้วย (4 ล้อ) ซึ่งรถบรรทุกขนาดเล็กก็เป็นขนาดรถบรรทุกหลักที่มีการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานด้วยเช่นกัน ซึ่งก็มีแนวคิดที่ว่าในอนาคตมีความต้องการรวมกลุ่มของชาวไร่ที่บรรทุกอ้อยด้วยรถขนาดเล็ก จะได้อ้อยในปริมาณที่เยอะขึ้นได้ ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยในการลดต้นทุนได้บ้าง นอกจากนี้ ทางผู้วิจัยยังได้เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่งของผู้รับเหมาเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนมานำเสนอในการประชุมครั้งถัดไป



ภาพผนวกที่ ก.11 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 4

ครั้งที่ 5 เมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2561

ประเด็นหัวข้อในการนำเสนอ คือ หัวข้อหลัก คือ การคำนวณต้นทุนการขนส่งของผู้รับเหมาที่ทางทีมผู้วิจัยได้ข้อมูลมาจากการประชุมครั้งก่อนหน้า ซึ่งตัวแบบนี้สามารถไปพัฒนาต่อยอดในการคำนวณบัตรคิวจำนวนหัวลากและจำนวนทางที่เหมาะสมของทั้งสถานีขนถ่ายและที่ลาน นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอข้อมูลสถิติจำนวนรถบรรทุกที่เข้าโรงงานน้ำตาลเปรียบเทียบในช่วงปี 2559 กับ ปี 2560 ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อสามารถระบุได้ว่าช่วงเวลาใดของวันที่มีจำนวนรถบรรทุกมากที่สุดได้ กล่าวคือ ถ้ามีช่วงเวลาใดที่มีจำนวนรถบรรทุกมากเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้เกิดเวลารอคอยมากขึ้น ทางคณะผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบขึ้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel พบว่า ช่วงเวลาในแต่ละวันมีจำนวนรถบรรทุกเข้าโรงงานไม่เท่ากัน ซึ่งบางชั่วโมงมีมากเกินไปหรือบางชั่วโมงมีน้อยเกินไป ดังนั้น ทางโรงงานสามารถจัดสรรระบบการจัดการการขนส่งใหม่ได้ โดยการนำช่วงที่มีรถบรรทุกมากกระจายไปยังในช่วงเวลาที่มีรถบรรทุกน้อยในแต่ละวันได้ ทั้งนี้ยังมีการนำเสนอความคิดเห็นการบริหารสินค้าคงคลังมาประยุกต์เข้ากับปริมาณรถบรรทุกภายในลานในโรงงาน นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจาก ทางผู้เจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 และผู้ประกอบการผู้รับเหมาขนส่งอ้อยมีการเพิ่มเติมค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เช่น ค่าประกันภัยรถบรรทุก ค่าเชื้อเพลิง/น้ำมันเครื่อง และค่าซ่อมบำรุงรถบรรทุก เป็นต้น



ภาพผนวกที่ ก.12 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 5

ครั้งที่ 6 เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

ประเด็นหัวข้อในการนำเสนอ คือ หัวข้อหลัก คือ การนำเสนอผลการวิเคราะห์การคำนวณต้นทุนการขนส่งของผู้รับเหมา จากการได้รับคำแนะนำจากการประชุมความคืบหน้าในครั้งที่ผ่านมาทางคณะผู้วิจัยสามารถได้ผลการศึกษาพบว่า ในรูปแบบการขนส่งทั้ง 2 รูปแบบคือ การขนส่งจากสถานีขนถ่ายเข้าสู่โรงงานโดยตรงที่มีการใช้รถพ่วงโดยใช้หัวลาก 1 ชุด และการขนส่งแบบใหม่ที่มีการขนส่งอ้อยจากสถานีขนถ่ายโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุดที่มีการใช้รถกึ่งพ่วง จะมีต้นทุนที่ไม่แตกต่างกันมากในระยะสั้น โดยการขนส่งอ้อยแบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดจะใช้รถประเภทรถพ่วงในการขนส่งต้นทุนต่อรอบเฉลี่ยรวมรายปีเท่ากับ 52,607.94 บาทต่อรอบต่อปี ต้นทุนต่อตันเฉลี่ยรวมรายปีเท่ากับ 123.21 บาทต่อตันต่อปี ส่วนการขนส่งอ้อยแบบใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด จะใช้รถประเภทรถกึ่งพ่วงในการขนส่งต้นทุนต่อรอบเฉลี่ยรวมรายปีเท่ากับ 48,488.26 บาทต่อรอบต่อปี ต้นทุนต่อตันเฉลี่ยรวมรายปีเท่ากับ 118.43 บาทต่อตันต่อปี อย่างไรก็ตาม หัวลากสำหรับเทอ้อยไม่จำเป็นต้องมีสมรรถภาพดีเท่ากับหัวลากที่บรรทุกอ้อยจากสถานี เนื่องจากวิ่งไปกลับในระยะทางสั้นๆ ซึ่งสามารถใช้หัวลากที่มีราคาถูกกว่าหัวลากทั่วไป ก็จะสามารถลดต้นทุนในระยะยาวของการใช้ระบบหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ลงได้ นอกจากนี้การใช้งานรถพ่วงสำหรับงานอื่นนอกฤดูกาลที่บอ้อยก็จะช่วยให้ในการลงทุนใช้รถกึ่งพ่วงมีความคุ้มค่ามากขึ้น นอกจากนี้ในที่ประชุมมีประเด็นปัญหาและคำแนะนำจาก ทางผู้เจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 และผู้ประกอบการผู้รับเหมาขนส่งอ้อยมีการเพิ่มเติมค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เช่น คัดค่าเสื่อมราคาในวิธีการอื่นๆ นอกเหนือจากวิธีแบบเส้นตรง



ภาพผนวกที่ ก.13 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 6

ครั้งที่ 7 เมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2561

จากข้อมูลพื้นฐานของการวิจัยในครั้งนี้คือ ผู้รับเหมาขนส่งอ้อยด้วยรถพ่วง ใช้รถหัวลากจำนวน 16 คัน ซึ่งแบ่งออกเป็นสองขนาดด้วยกันคือ ขนาด 360 แรงม้า จำนวน 7 คัน และ 290 แรงม้า จำนวน 1 คัน และขนาด 260 แรงม้า 8 คัน รถพ่วงจะประกอบด้วยทางรถบรรทุกขนาด 35 คัน จำนวน 21 ทาง โดยกระบวนการขนส่งด้วยรถพ่วงจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ รูปแบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และรูปแบบการส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าถ้าหากกิจกรรมทุกกิจกรรมเป็นค่าคงที่

การขนส่งแบบลานจะมีการขนส่งมากที่สุดได้คือแบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดเท่านั้นเนื่องจากเกิด Double Handling ของจุดของลาน ทำให้การเทอ้อยมีการเหนี่ยวนำกว่าการส่งแบบด้วยหัวลาก 1 ชุด

ทั้งนี้การส่งของรถบรรทุกมีอยู่สองระบบด้วยกันคือ CONWIP และ KANBAN มีความแตกต่างกันในประสิทธิภาพของการขนส่ง คือ ระบบที่ใช้ในการขนส่งแบบผ่านลาน พบว่ากิจกรรมทุกกิจกรรมถ้าหากมีความแปรปรวนมากจำเป็นต้องใช้ระบบแบบ KANBAN ในส่วนของการใช้ระบบ CONWIP ถ้าหากกิจกรรมทุกกิจกรรมมีความแปรปรวนน้อย เหมาะสมต่อการใช้การขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดหรือการขนส่งแบบรถพ่วง จากผลการวิจัยการเปรียบเทียบระหว่างการขนส่งอ้อยด้วยหัวลาก 1 ชุด และการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด โดยการวาดภาพในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ในกรณีที่เครื่องจักรไม่เสียพบว่า การขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดมีการขนส่งได้ดีกว่าการขนส่งอ้อยด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด เนื่องจากการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดมีการขนส่งที่มีความต่อเนื่องกันไม่ติดขัด และมีความแปรปรวนน้อยกว่าการขนส่งแบบผ่านลาน ในส่วนของกรณีเกิดสถานการณ์เครื่องจักรเสีย จากที่เครื่องดัมพ์หรือเครื่องหีบเสีย ถ้าหากการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด จะส่งผลให้เกิดรถไปหยุดรอที่หน้าดัมพ์หรือจุดที่เสีย ทำให้เกิดอาการติดขัดของรถพ่วง ในส่วนของการขนส่งผ่านลาน จะแสดงให้เห็นว่าจากกรณีขนส่งจากสถานีรับอ้อยไปยังลาน และจากลานไปยังแท่นเท พบว่าจากสถานีไปยังลานทำให้เห็นว่ายังมีกระบวนการขนส่งที่เป็นอิสระอยู่ แต่จากลานไปยังแท่นเทจะมีการหยุดรอของรถบรรทุกส่งผลให้การเทอ้อยหยุดชะงัก เมื่อถึงกรณีที่เครื่องทำงานได้แล้ว หลังจากนั้นจะมีจุดที่เรียกว่าคอขวดเกิดขึ้นคือจุดจากสถานีรับอ้อยไปยังลาน เนื่องจากถ้ากรณีที่มีการทำงานของการขนส่งจากลานไปยังแท่นเทอย่างต่อเนื่อง จนถึงจุดที่มีการรออ้อยจากสถานีรับอ้อยมายังลาน ซึ่งระยะทางจากสถานีรับอ้อยมีระยะที่สูงกว่าลานไปยังแท่นเท ทำให้เกิดการรอคอยของช่วงสถานีรับอ้อยไปยังแท่นเท

ในส่วนของแนวทางการวิจัยต่อยอดในอนาคตจะเป็นงานวิจัยที่มีการวางแผนและกำหนดนโยบายตลอดจนแนวทางการดำเนินงานในอนาคตดังนี้มีการวางแผนในการสร้าง แอปพลิเคชันผ่านทางสมาร์ทโฟน เนื่องจาก ปัจจุบันในการใช้สมาร์ทโฟนกันมาก ซึ่งถ้าสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้ก็จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประมาณเวลาในการรอรถบรรทุกการขนส่งอ้อย โดยคำนวณจากจำนวนรถที่มีอยู่ในโรงงาน และรถบรรทุกที่กำลังจะเข้าโรงงาน



ภาพผนวกที่ ก.13 การนำเสนอความคืบหน้าให้แก่ทางโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่ 2 ครั้งที่ 7

ภาคผนวก ข.

บทความสำหรับการเผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป

การขนส่งอ้อยด้วยรถกึ่งพ่วง 22 ล้อ

บทความ “การขนส่งอ้อยด้วยรถกึ่งพ่วง 22 ล้อ” เขียนโดย ดร. จุมพล วรสายันต์ โดยบทความดังกล่าวได้เผยแพร่ในวารสาร มอการไกลอุตสาหกรรมเกษตร ฉบับพิเศษครบรอบ 15 ปี ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร และในเว็บไซต์ของภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ http://aitm.agro.ku.ac.th/press/2018/05/09/sugar_cane_transport/ ซึ่งบทความมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณอ้อยที่ตัดได้ในฤดูกาลหีบอ้อยปี พ.ศ. 2560 - 2561 มีแนวโน้มว่าจะมีมากที่สุดเป็นประวัติการณ์ อ้อยเกือบทั้งหมดจะถูกป้อนเข้าสู่โรงงานเพื่อผลิตน้ำตาล การขนส่งอ้อยเข้าโรงงานนี้ถือเป็นต้นทุนหลักของน้ำตาล ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งอ้อยมีหลายชนิด ตั้งแต่ อีแต็ก อีแต่น รถบรรทุก 4 ล้อ, 6 ล้อ, 10 ล้อ, 18 ล้อ, 20 ล้อ, 22 ล้อ รถขนาดเล็กเหมาะสำหรับการขนอ้อยจากแปลงที่อยู่ใกล้โรงงานที่มีปริมาณไม่มาก ในกรณีที่แปลงอ้อยอยู่ไกลจากโรงงาน ทางโรงงานก็จะแก้ปัญหาโดยให้เกษตรกรขนส่งอ้อยมาที่ลานรับอ้อย โดยการขนส่งอ้อยจากสถานีขนส่ง หรือแปลงขนาดใหญ่ที่มีปริมาณอ้อยมาก หรือมีระยะทางไกลจากโรงงาน จะใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่ (รถบรรทุกขนาด 10 ล้อขึ้นไป) เพื่อขนส่งเข้าโรงงานต่อไป เป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่าการขนส่งอ้อยด้วยรถขนาดใหญ่ เช่น รถพ่วง หรือ รถกึ่งพ่วง แบบเต็มคันรถ (Full truck load) จะช่วยให้มีต้นทุนการขนส่งต่อตันอ้อยลดลง เนื่องจากประหยัดค่าแรงคนขับและค่าเชื้อเพลิงต่อตันอ้อย แต่รถบรรทุกขนาดใหญ่มีราคาสูง การใช้งานจะคุ้มค่าเมื่อมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง จึงควรมีการวางแผนการใช้รถขนาดใหญ่ขนอ้อยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในบทความนี้จะกล่าวถึงการใช้งานรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่เรียกว่ารถกึ่งพ่วง 22 ล้อซึ่งหลายโรงงานได้นำมาใช้ในการขนส่งอ้อย

ลักษณะภายนอก

รถบรรทุกกึ่งพ่วง ประกอบด้วยส่วนหัวลากและส่วนหางพ่วงต่อกันด้วยจานทรอลเลอร์ หัวลาก (Tractor) ทำหน้าที่ขับเคลื่อน โดยหัวลากที่นิยมใช้ในประเทศไทยประกอบด้วยเพลลา 3 เพลลา เพลลาหน้าสุดมี 2 ล้อ ส่วนสองเพลลาหลังมีจำนวนล้อ 4 ล้อต่อเพลลารวมเป็น 10 ล้อ ส่วนหัวจะไม่มีส่วนที่ใช้บรรทุกสินค้า ส่วนที่ใช้บรรทุกสินค้าคือส่วนหาง ส่วนหางทรอลเลอร์มีขนาดและรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งแบบตู้คอนเทนเนอร์ แบบกระเบต่อข้าง (ดังรูปที่ 1) หรือแบบอื่นๆที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับการใช้งาน สำหรับหางพ่วงสำหรับบรรทุกอ้อยจะเป็นแบบกระเบที่มีรั้วล้อมรอบด้าน ประกอบด้วยเพลลา 3 เพลลาติดกัน แต่ละเพลลามี 4 ล้อ รวมเป็น 12

ล้อ ส่วนใหญ่จะมีระยะห่างโดยต้องมีระยะห่างระหว่างสลักพวง (King Pin) กับศูนย์กลางของเพลาคือ 1 มากกว่า 8 เมตร เพื่อให้สามารถบรรทุกสินค้าได้น้ำหนักมากที่สุด คือ รวมน้ำหนักทั้งหมดแล้วแล้วไม่เกิน 50.5 ตัน ตามประกาศประกาศผู้อำนวยการทางหลวงฯ ปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากกฎหมายความสูงของรถขนอ้อย จะต้องไม่เกิน 3.8 เมตร น้ำหนักอ้อยที่บรรทุกได้จะอยู่ในช่วง 35 – 40 ตัน ซึ่งใกล้เคียงกับ น้ำหนักอ้อยจากรถสิบล้อ 2 คัน หรือ จากรถพ่วง 22 ล้อ 1 คัน

เวลาในการทำกิจกรรมขนส่งอ้อย

การจอด การถอดเปลี่ยนส่วนหางพ่วงกับหัวลากนั้นต้องเอาขาข้าง (ส่วนรับน้ำหนักด้านหน้าของหางพ่วงลงก่อน) มิฉะนั้นส่วนหน้าหางพ่วงจะเอียงหรือล้มลงได้ การเคลื่อนที่หางพ่วงโดยไม่ต้องยกขาข้างขึ้นทำได้ด้วยอุปกรณ์ลากจูงที่สามารถยกกระบะและขาข้างให้ลอยขึ้นเหนือพื้นขณะเคลื่อนที่

การชั่งน้ำหนัก รถกึ่งพ่วงจะมีความยาวของหางพ่วงมากกว่ารถสิบล้อทั่วไป ดังนั้นจึงต้องใช้ตาชั่งชั่งพิกัด 80 ตันซึ่งมีความยาว 18 เมตร ซึ่งยาวกว่าตาชั่งสำหรับรถ 10 ล้อทั่วไปที่มีพิกัด 50 ตันและความยาว 7 เมตร การชั่งน้ำหนักที่ละหลายๆ ในครั้งเดียวของรถกึ่งพ่วง ช่วยให้การเคลื่อนที่เข้าลานของรถเป็นไปได้อย่างรวดเร็วกว่าการชั่งน้ำหนักอ้อยโดยรถบรรทุกชนิดอื่น

การเท เช่นเดียวกับการชั่งน้ำหนักรถกึ่งพ่วงจะมีความยาวของหางพ่วงมากกว่า ดังนั้นจึงต้องใช้แท่นเทขนาดยาว 12 เมตร กว้าง 2.5 เมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าแท่นเทปกติสำหรับรถสิบล้อทั่วไปที่ยาว 10 เมตร กว้างประมาณ 1.85 เมตร แต่การเทด้วยของรถกึ่งพ่วงจะทำได้เร็วกว่า รถสิบล้อ หรือรถพ่วงที่ต้องถอยเข้าแท่นเท 2 ครั้งจึงจะได้เทอ้อยได้เท่ารถกึ่งพ่วงเทครั้งเดียว

รูปแบบการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด

การขนด้วยหัวลาก 1 ชุด จะใช้รถขนส่งชุดเดียวรถบรรทุกจะรับอ้อยจากแปลงอ้อยหรือสถานีรับอ้อย และขนส่งเข้าเทที่โรงงานจากนั้นก็วิ่งกลับไปรับอ้อยที่สวนต่อไป ในระบบนี้ประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยรถกึ่งพ่วงจะใกล้เคียงกับรถพ่วง หรือรถสิบล้อ 2 คันเนื่องจากมีสมรรถนะและความจุคล้ายคลึงกัน ถ้าโรงงานมีแท่นเทหรือเครื่องชั่งน้ำหนักขนาดยาว การใช้รถกึ่งพ่วงก็จะสามารถลดเวลาในการทำกิจกรรมชั่งน้ำหนักและเทอ้อยได้เล็กน้อยดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้อาจดูไม่มากสำหรับรถคันเดียว แต่ถ้าคิดเวลาที่ลดลงกับรถทุกคันที่เทอ้อยในหนึ่งวัน อาจทำให้สามารถลดเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทั้งหมดลงได้หลายชั่วโมง ซึ่งหมายถึงการขนส่งอ้อยได้มากขึ้นหลายตัน จำนวนรถที่เหมาะสมต่อปริมาณอ้อยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{จำนวนรถ} = \frac{\text{ปริมาณอ้อยทั้งหมดที่ต้องขนส่งต่อวัน}}{\text{น้ำหนักอ้อยต่อการบรรทุก 1 เที่ยว}} \times \frac{\text{เวลาในการเดินทางส่งอ้อยต่อ 1 เที่ยว}}{\text{เวลาใน 1 วัน}}$$

โดยเศษทศนิยมของจำนวนรถหมายความว่ารถคันสุดท้ายจะไม่ได้ทำงานเต็มวัน หรือเต็มประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่มีความไม่แน่นอนในแต่ละกิจกรรมมีค่าสูง หรือมีรถเสีย การเพิ่มจำนวนรถให้มากขึ้นกว่าค่าที่คำนวณได้จะช่วยให้รถสามารถเร่งส่งอ้อยได้ครบตามน้ำหนักและช่วงเวลาที่กำหนด

รูปแบบการขนส่งอ้อยผ่านลานโดยใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด

รถกึ่งพ่วงสามารถใช้ขนอ้อยในระบบปล่อยทางที่ลานของโรงงาน โดย ระบบนี้จะใช้หัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 คือหัวลากที่รับส่งอ้อยระหว่างสถานีหรือแปลงกับลานจอดของโรงงาน และ ชุดที่ 2 คือหัวลากที่ขนอ้อยจากลานเข้าเต หัวลากชุดแรกจะรับอ้อยจากสถานีหรือแปลงอ้อย และขนส่งอ้อยเข้าโรงงานเหมือนระบบขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดแต่เมื่อถึงลานจอดที่โรงงาน รถกึ่งพ่วงจะถอยวางทางที่บรรทุกอ้อย และรับทางเปล่ากลับได้เลยดังรูปที่ 4 ระบบนี้จะช่วยให้การกิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน และกิจกรรมการเทอ้อยเป็นอิสระจากกันมากขึ้น ช่วยให้การดำเนินงานมีความต่อเนื่องในเวลาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นในชุดใดชุดหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเกิดปัญหาไม่สามารถเทอ้อยได้ รถหัวลากจากสถานีไม่ต้องเสียเวลารอที่โรงงาน แต่จะสามารถต่อทางเปล่ากลับไปขนอ้อยต่อที่สถานีได้เลย โดยถ้าปัญหายังไม่ได้รับการแก้ไขก็จะมีทางทั้งหมดที่บรรทุกอ้อยเต็มมารอที่ลาน เมื่อสามารถหีบได้แล้วหัวลากจากสถานี อาจต้องเข้ามาช่วยพร้อมกับหัวลากที่ลานด้วย เพื่อระบายอ้อยที่ติดค้างที่ลานจอดจนระบบเข้าสู่สภาวะปกติ การนำระบบนี้มาใช้ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น จำนวนหัวลากทั้งสองชุดต้องมีความสมดุลกัน ในกรณีที่หัวลากที่ลานมีจำนวนรถมากทำให้เทอ้อยได้รวดเร็วกว่าการส่งอ้อยจากหัวลากจากสถานี จะทำให้เกิดแถวคอยของทางเปล่าที่ลานจอด ในทางตรงกันข้ามถ้าหัวลากที่สถานีมีจำนวนมากเกินไปจะมีแถวคอยของทางที่บรรทุกอ้อยเต็มที่ลานจอด โดยเราสามารถใช้อัตราการคำนวณจำนวนรถหัวลากที่เหมาะสมในแต่ละชุดจากสูตรการคำนวณข้างต้นได้เลย

นอกจากจำนวนหัวลากที่เหมาะสมแล้ว ผู้ใช้ต้องคำนึงถึงจำนวนทางที่เหมาะสมอีกด้วย จำนวนทางจำเป็นต้องมีจำนวนอย่างน้อยเท่ากับจำนวนหัวลากเพื่อให้หัวลากทำงานได้ตลอดเวลา โดยถ้าจำนวนทางเท่ากับหัวลากเมื่อหัวลากชุดที่ 1 จากสถานีมาที่ลานจอดแล้วไม่เจอหัวลากจากรางจะเป็นเวลาที่หัวลากชุดที่ 1 ต้องหยุดรอทางเปล่าซึ่งส่งผลทำให้เวลาในการวิ่งต่อเที่ยวเพิ่มขึ้นมากกว่าที่คำนวณไว้ การมีทางเปล่าเพิ่มเติมจากจำนวนหัวลาก จึงช่วยให้หัวลากจากสถานีสามารถต่อทางเปล่าและวิ่งกลับไปรับอ้อยได้เลย แต่การมีจำนวนทางมากเกินไปจนบางทางไม่ได้ถูกใช้ก็จะเป็นการเพิ่มต้นทุนโดยไม่เกิดประโยชน์ อย่างไรก็ตามราคาของทางมีราคาไม่สูงมาก จึงสมควรมีจำนวนทางมากกว่าจำนวนหัวลาก จากการทดสอบโดยแบบจำลองพบว่าจำนวนทางที่เหมาะสมจะมีอย่างน้อยเท่ากับจำนวนหัวลากบวกด้วยจำนวนสถานีที่ใช้ระบบนี้ โดยถ้าเวลากิจกรรมของการเทอ้อยมีความไม่แน่นอนมากจะต้องมีจำนวนทางเปล่ามากขึ้น

ความคุ้มค่าในการใช้รถกึ่งพ่วงขนส่งอ้อย

ถ้าโรงงานมีเครื่องชั่งและแท่นเทที่มีความยาวสำหรับทางพ่วง การใช้รถกึ่งพ่วงอาจช่วยลดต้นทุนการขนส่งลงได้โดยต้องระวังไม่ใช้จำนวนรถเกินความสามารถขีดจำกัดของเครื่องมือ เช่นถ้ามีแท่นเทขนาดยาวพิเศษ 1 แท่น ใช้เวลาเท 20 นาทีต่อครั้ง ก็ไม่ควรมีรถกึ่งพ่วงเข้ามาส่งอ้อยที่โรงงานมากกว่า $1,440/20 = 72$ คันต่อวัน ความคุ้มค่าของการลงทุนรถกึ่งพ่วงขึ้นกับการใช้งาน ถ้าระบบมีประสิทธิภาพก็ใช้งานรถได้อย่างคุ้มค่า ในบางโรงงานให้สิทธิรถขนาดใหญ่เข้าเทก่อนเพื่อให้สามารถทำจำนวนรอบการขนส่งได้มากขึ้น ในกรณีใช้หัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุด จำนวนหัวลากในแต่ละชุดต้องมีความสมดุลกันเพื่อไม่ให้หัวลากชุดใดชุดหนึ่งต้องรอนาน การลดความแปรปรวนของเวลาในแต่ละกิจกรรมก็ปัจจัยที่ทำให้การใช้งานรถกึ่งพ่วงเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการขนส่งอ้อยผ่านลานโดยใช้หัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุดนี้ยังต้องมีการลงทุนทำลานจอดที่แข็งแรงสำหรับวางขาช้างเพื่อให้สามารถจอดตั้งทางพ่วงได้อย่างมั่นคง มิฉะนั้นอาจเกิดปัญหาพื้นทรุด และหากล้มได้ ส่วนหัวลากสำหรับเทอ้อยไม่จำเป็นต้องมีสมรรถภาพดีเท่ากับหัวลากที่บรรทุกอ้อยจากสถานี เนื่องจากวิ่งไปกลับในระยะทางสั้นๆ จากลานจอดมาที่แท่นเท สามารถใช้หัวลากสำหรับลากคอนเทนเนอร์ที่ทำเรือโดยเฉพาะที่เรียกว่า Terminal tractor ซึ่งจะมีราคาถูกกว่าหัวลากทั่วไป หรืออาจใช้หัวลากเก่าที่มีอายุการใช้งานหลายปีหรือมีกำลังม้าต่ำแทน ก็จะสามารถลดต้นทุนในการใช้ระบบหัวลากเทอร์ลเลอร์ 2 ชุด ลงได้ นอกจากนี้การใช้งานรถพ่วงสำหรับงานอื่นนอกฤดูการหีบอ้อยก็จะช่วยให้ในการลงทุนใช้รถกึ่งพ่วงมีความคุ้มค่ามากขึ้น

ภาคผนวก ค.

ผลงานวิจัยโครงการในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

จากการวิจัยในโครงการ “แบบจำลองแถวคอยสำหรับการวางแผนการขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ” ได้มีการนำผลงานบางส่วนไปเสนอในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ “7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)” ณ เมืองออกซฟอร์ด สหราชอาณาจักร โดยมีหัวข้อในการวิจัยคือ “A simulation to compare single-loop and double-loop sugarcane transportation protocols” ซึ่งรายละเอียดของงานวิจัยมีดังนี้

A simulation to compare single-loop and double-loop transportation protocols for sugarcane industry

Jumpol Vorasayan
Department of Agro-Industrial Technology
Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University
Thailand
Jumpol.v@ku.ac.th

Abstract— A discrete event simulation model was developed to compare total profit from two transportation protocols for a small sugarcane transportation system. The conventional single-loop protocol utilizes trucks to directly carry cane between farms and the mill. The double-loop uses tractors and trailers to carry sugarcane from farms to a transshipment area and use another dedicated set of tractors to transport fully loaded trailers from transshipment area to the mill. The simulation was run for different number of vehicles to find the optimal number of vehicles for each farms. Different location of transshipment area is altered to study its effect in double-loop case. With cost and price parameters that are set similarly to what can be found in the current Thai market, the total profits of double-loop protocols can match those of single-loop when the time in mill loop is short and the suitable number of tractors and trailers are allocated.

Keywords: simulation, sugarcane, transportation, CONWIP

I. INTRODUCTION

Thailand is currently the second largest sugar exporter in the world. Although, the export accounts for only 10% of the world total export, Thailand plays a great role balancing sugar demand and supply [1]. World price of sugar is fluctuating during the last 10 years. The logistic and production cost plays a major role to gain competitive advantages when price is down. The logistic cost of sugar industry in Thailand is apparently high compared with other major sugar export countries such as Brazil, Australia, and South Africa etc. Reasons include the increasing labor costs, inefficient use of machinery due to small farm size, improper system support, lack of integration between farmers and sugar mill or among farmers themselves.

The conventional transportation protocol uses trucks to transport sugarcane directly from farms to the mill as depicted in Figure 1. We call this a “single loop” protocol. Problems from this protocol occurs when sugarcane is less than full truck load or vehicles are not in a proper condition to travel in a long trip from farms to the mill. The problem is intensify in the peak hour when many trucks come to the mill at the same time. The number of trucks at the mill waiting area could be accumulated to the point that exceeds its capacity. A number of trucks that could not enter the mill are inevitably park on the side of the road around the mill area causing traffic and incurring waiting time. Many farmers are not willing to spend hours waiting around the mill.

To alleviate this issue, the sugar company provides the intermediary area for unloading sugarcane. The cane in will be

reloaded to another vehicles then transported to the mill. In this protocol, the double handling would slow down the process and affect the overall logistic cost of the whole system. To avoid this double handling issue in the intermediary, the tractor & trailer could be implemented as a mean of transportation. With this vehicle, tractor would pull a fully loaded trailer from the farm then release it at the transshipment area. It can immediately go back to the farm with the empty trailers. The loaded trailers are towed to the mill by another set of tractors. We call this a “double-loop” protocol consisting of farm and mill loops as depicted in Figure 2. The double-loop protocol is comparable to cross docking system with one type of item and minimum dwell time [2]. The difference is vehicle in farm loop will not go back to the farm immediately after releasing a fully loaded trailer but must wait in the transshipment until the empty trailer is available. The system is a closed-loop system which has a constant number of trucks, tractors and trailers cycling in dedicated loops similar to make-to-stock CONWIP system in [3] with truck is the Kanban and trailer becomes a signal to trigger Kanban movement. Several studies proposed methods to optimize allocation of Kanban in the system namely NLP or various meta-heuristic algorithms as summarized in [4]. The sugarcane transportation with multiple sets of vehicles have been studied in [5] but the mode of transportation in mill-loop is a rail which is different from the road in this paper. [6] focuses on the tractor and bin for harvesting efficiency in farms. They explain advantages and disadvantages of two-loop versus one-loop transportation system. The density of sugarcane was mentioned as an important factors to decide which protocol is more efficient.

The higher number of vehicles is likely to be able to transport larger amount of sugarcane but the margin of revenue might not worth the cost of additional vehicle. In this study, total profit which is revenue minus production, vehicle and fuel costs are chosen as performance indicators. The discrete-event simulation model was written in Visual Basic for Application language in Microsoft Excel. Results from this paper would provide useful information to a sugar company to invest in suitable transportation protocol.

II. DESCRIPTION OF THE SYSTEM SIMULATION

In order to foresee the cost and benefit of double-loop compared with single-loop protocol, we developed a discrete event simulation for two small systems. The first system

consists of 1 mill and 1 farms as depicted in Figure 1, while the second system consists of 1 mill and 2 farms. The difference of single and double-loop protocols for system 2 is depicted in Figure 3. Transportation in both systems were simulated by single-loop and double-loop protocols where number of trucks, tractors and trailers are varied to see differences in the amount of unloaded sugarcane and transportation costs. In double-loop protocol, multiple locations of transshipment area also were experimented.

In single-loop protocol, trucks transport sugarcane from farm to the mill. Activities are 1.1) an empty truck waits in a farm until a harvester is available then it collects sugarcane from the harvester 1.2) the fully loaded truck transports from the farm to the mill 1.3) the truck unloading sugarcane at the mill 1.4) the empty truck transport back from mill to farm and restarts activity 1.1. On the other hand, activities in double-loop protocol are split into 2 loops. The first loop is between farm and transshipment area (farm loop). It consists of the following activities 2.1) a tractor with an empty trailer waits in a farm until a harvester is available then it collects sugarcane from the harvester 2.2) the tractor tows the fully loaded trailer from farm to the transshipment area 2.3) at the transshipment area, the tractor releases the trailer then waits until there is an available empty trailer 2.4) the tractor tows the empty trailer back to the farm and restart activity 2.1. The second loop is between the transshipment area and the mill that consists of the following activities 2.5) at the transshipment area, a tractor wait until a fully loaded trailer arrives. 2.6) the tractor tows the loaded trailer to the mill. 2.7) the trailer unloads sugarcane at the mill 2.8) the tractor tows the empty trailer back to the transshipment area and restarts activity 2.5. Tractors are assigned exclusively to each loop while trailers are assigned exclusively to each farms. Therefore, tractors of a particular farm loop can tow only trailers from that farm while tractors of mill loop can tow trailers from any farm.

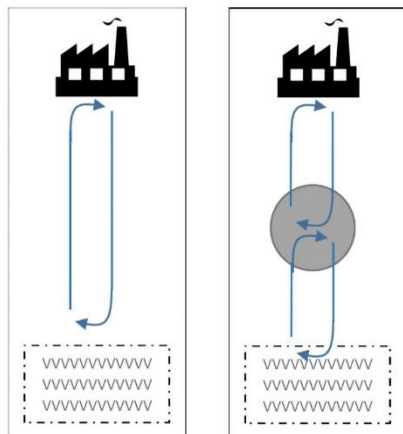


Fig. 1. Single-loop and double-loop protocols

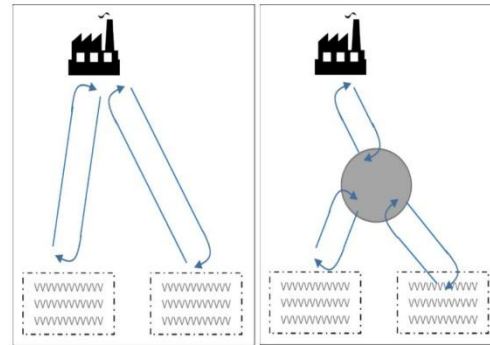


Fig. 2. Comparison of single and double-loop protocols for system 2.

All activities are converted into time unit which is minute. All activities start at 1st minute and end at 1440th minute. All trucks and tractors with trailers are assumed to be at the farms at the beginning of the day and ready to be loaded one by one with first-come-first-serve procedure. In double-loop protocol, if number of trailers are more than tractors in farm loop, the remaining trailers are placed at the transshipment area and be ready to towed back to farms.

The Identification number (ID) are used to distinguish simulation with different set of parameters. It is written with three numbers separated by a dot. The first one is a system number (1 is system 1, 2 is system 2). The second one is protocol (1 is single-loop, 2 is double-loop). The third number is simulation number. For system 1, the simulation were run with different number of trucks by fixing parameters for single-loop protocol as shown by ID#1.1.10 to #1.1.15 in table 1. For double-loop protocol, different locations of transshipment area are also varied as shown by ID#1.2.11 to #1.2.15 in table 2. Time of releasing and towing trailers are assumed to be negligible compared to other activities. The parameters were assigned so that the rate of milling and harvesting sugarcane from all farms are fairly balance.

TABLE 1. Activity times (minute) of single-loop protocol for system 1

ID	Loading	Farm to Mill	Mill to Farm	Unloading
1.1.10		90	72	
1.1.14	30	110	88	30
1.1.15		152	122	

TABLE 2. Activity times (minute) of double-loop protocol for system 1

ID	Load-ing	Farm to Tow	Tow to Mill	Mill to Tow	Tow to Farm	Unloa- ding
1.2.11		30	60	24	48	
1.2.12		45	45	36	36	
1.2.13	30	60	30	24	24	30
1.2.14		67	42	34	34	
1.2.15		67	85	68	68	

Simulations for system 2 with single-loop were run for different combination of tractors and trailers together with different loading and unloading times as shown in ID#2.1.10 and #2.1.20 of table 3. In double-loop different locations of transshipment area are also varied from near mill to near farms as shown in ID#2.2.11 to #2.2.28 of table 4. For any type of vehicle, let

- Pv = Price of brand new vehicle
 Cm = Tax + Insurance + Maintenance
 L = useful life of vehicle
 D = number of working days per year
 Cd = daily wage for a driver
 Ws = Weight of sugar transported to the mill
 Ps = Sugarcane price
 Cs = Production cost of sugarcane
 Cf = Fuel cost
 N = Number of vehicle used
 T = total working time

Fixed cost per day (Fc) of vehicles are estimated from this formula.

$$Fc = N \left(\frac{\frac{Pv}{L} + Cm}{D} + Cd \right)$$

Variable cost (Vc) are estimated by fuel cost per unit time that vehicle is working. Therefore, $Vc = Fc \cdot T$. Finally, the performance indicator which profit can be estimated by

$$\text{Profit} = (Ps - Cp)Ws - Fc - Vc.$$

III. RESULT AND DISCUSSION

In this section we shows the optimal number of vehicles, revenue, cost and profit for each simulation ID. According to Office of the cane and sugar board of Thailand, price of sugar and production cost per ton in 2016-2017 are approximately \$31.8 and \$29.1 baht respectively. Cf is \$0.03 per minute for both truck and tractor. D is 100 days. Cd is \$10. L is 10. Ws is 20. Pv, Cm for a {truck, tractor, trailer} are {\$74,848, \$69,697, \$3,758}, {\$1,661, \$1,558, \$184}. Therefore, Fc for a truck, tractor and trailer are \$76.5, \$72.0, \$3.3 respectively.

For system 1, travel time in single loop and double loop are the same. The double-loop protocol requires comparable total vehicles to single-loop counterpart to maximize net profit. However, this is not always true. There are evidence that the optimal number of vehicles in double-loop is different from single-loop e.g. single-loop requires less number of vehicles when parameters change as we can see in ID#1.1.10 to #1.2.15 in table 5. The higher travel time requires higher number of vehicles. This is also true with farm and mill loop in double loop protocols. Number of trailers is the same as number of trucks. Depending on parameters, the profit from one protocol can be slightly higher or lower than the other.

TABLE 3. Activity times (minute) of single-loop protocol for system 2

ID	Loading		Farm to Mill		Mill to Farm		Unloading	
	Farm1	Farm2	Farm1	Farm2	Farm1	Farm2	Farm1	Farm2
2.1.10	30	45	90	98	72	78	19	
2.1.20	55	45					23	

TABLE 4. Activity times (minute) of double-loop protocol for system 2

ID	Loading		Farm1 to Tow	Tow to Mill	Farm2 to Tow	Tow to Farm1	Mill to Tow	Tow to Farm1	Mill to Tow	Tow to Farm2	Unloading	
	Farm1	Farm2									Farm1	Farm2
2.2.11	30	45	80	10	89	10	64	8	72	8	19	
2.2.12			60	30	72	30	48	24	58	24		
2.2.13			61	30	69	30	49	24	56	24		
2.2.14			64	30	68	30	51	24	55	24		
2.2.15			30	60	50	60	24	48	40	48		
2.2.16			33	60	42	60	27	48	34	48		
2.2.17			43	60	38	60	34	48	31	48		
2.2.18			16	81	29	81	13	65	23	65		
2.2.21	55	45	80	10	89	10	64	8	72	8	23	
2.2.22			60	30	72	30	48	24	58	24		
2.2.23			61	30	69	30	49	24	56	24		
2.2.24			64	30	68	30	51	24	55	24		
2.2.25			30	60	50	60	24	48	40	48		
2.2.26			33	60	42	60	27	48	34	48		
2.2.27			43	60	38	60	34	48	31	48		
2.2.28			16	81	29	81	13	65	23	65		

For system 2, the presence of transshipment area adds extra total traveling time of vehicles from 2 farms. The optimal number of vehicles for double-loop is greater than or equal to single-loop protocol as summarized in table 6. Interestingly, the optimal number of vehicles for farms with lower loading time has higher optimal number of vehicles. Results show that relationship of combined optimal number of vehicles and combined travelling time is not straightforward. ID#2.1.10 and

#2.2.18 have the same optimal total number of vehicles even though total traveling times are significantly different. Meanwhile, ID#2.2.18 has similar total travel time but requires two less vehicles than #2.2.17 to maximize profit. Unlike the system1, the optimal number of trailers are more than number of tractors as can be seen in simulation ID #2.2.11, #2.2.15, #2.2.16, #2.2.18, #2.2.22, #2.2.25, #2.2.26 and #2.2.27.

TABLE 5. Optimal number of vehicles, costs and profit in US dollar of single-loop and double-loop protocol for system 1

ID	Optimal no. of vehicles		Optimal no. of trailers	Fixed Cost	Variable Cost	Weight	Profit	% Profit Difference
	Farm	Mill						
1.1.10	7			536	206	25	1040	0.00
1.2.11	4	4	8	602	216	27	1048	0.79
1.2.12	5	3	8	602	216	27	1048	0.79
1.2.13	3	5	8	602	216	27	1048	0.79
1.1.14	9			689	257	26	893	0.00
1.2.14	5	4	9	678	253	26	892	-0.11
1.1.15	11			842	340	25	581	0.00
1.2.15	5	6	11	828	340	25	575	-0.96

TABLE 6. Optimal number of vehicles, costs and profit in US dollar of single-loop and double-loop protocol for system 2

ID	Optimal no. of vehicles			Optimal no. of trailers		Fixed Cost	Variable Cost	Weight	Profit	% Profit Difference
	Farm1	Farm2	Mill	Farm1	Farm2					
2.1.10	7	5				41	918	345	1628	0.00
2.2.11	6	4	2	8	5	42	907	352	1678	3.04
2.2.12	5	4	4	7	6	42	979	358	1593	-2.17
2.2.13	5	4	4	8	5	42	979	354	1603	-1.56
2.2.14	5	4	4	8	5	41	907	349	1593	-2.15
2.2.15	3	3	7	7	7	42	982	367	1573	-3.38
2.2.16	3	3	7	8	6	42	982	364	1583	-2.77
2.2.17	4	3	7	8	6	42	1054	377	1487	-8.68
2.2.18	2	2	8	8	5	38	907	351	1435	-11.89
2.1.20	5	6				32	842	269	1120	0.00
2.2.21	4	5	2	5	6	32	828	270	1131	1.03
2.2.22	3	4	4	5	7	32	832	275	1118	-0.17
2.2.23	3	4	4	5	6	32	828	272	1128	0.70
2.2.24	3	4	4	5	6	31	828	270	1101	-1.70
2.2.25	2	3	6	5	7	31	832	282	1063	-5.05
2.2.26	2	3	6	5	7	31	832	275	1076	-3.93
2.2.27	2	3	5	5	6	29	756	264	1041	-7.00
2.2.28	2	3	7	5	7	32	904	296	1010	-9.77

IV. CONCLUSION

In this study, we compared 2 sugarcane transportation protocols, single-loop which is a conventional direct transportation and double-loop which mill and farm loops are connected by transshipment area. Simulations were developed for two systems, 1 mill 1 farm and 1 mill 2 farms. By varying, number of vehicles, trailers, traveling time, loading and unloading times. We found suitable number of vehicles as well as the right location of transshipment area that maximize profit. The double-loop protocol has potential to increase transportation efficiency of the system. The optimal number of vehicles (trucks or tractors) are negatively proportional to loading time. In most cases, higher total travelling time need more vehicles. However, assigning too many vehicles is not worth the cost. Optimal number of trailers are greater than or equal to number of tractors.

There are many more factors to consider before choosing the suitable logistic protocol for sugarcane transportation. In reality, there are as many as thousands of farms harvesting in one day so that possible queue length in the mill and transshipment area could be significantly larger so the overflow of vehicles in the mill is primarily concern. The benefit of transshipment area is not only for efficiency but as a buffer to limit number of vehicles waiting in the mill. In case that the amount of sugarcane exceeds the milling capacity or the milling machine accidentally crash, the transshipment area acts as a buffer to prevent traffic congestion in the mill parking area. The capacity of roads are also limited, travel time should be relative to number of vehicles on the road. The transshipment area is also utilized as the collection zone. It is useful for small farms that do not have enough cane for full truck load. Sugarcane is cut during the day while the transportation occur both day and night. The harvesting activity is also stopped when the weight reach daily quota according agreement with the mill prior to the harvesting season. This contract helps preventing the daily supply to not the considerably under or over the mill capacity. All these conditions should be taken into account for future simulation study.

V. REFERENCES

- [1] G. Report, "Thailand Sugar Annual GAIN Report Number: TH6040," Global Agricultural Information Network, USDA Foreign Agricultural Service, 2016.
- [2] U. M. Apte and S. Viswanathan., "Effective cross docking for improving distribution efficiencies," *International Journal of Logistics*, pp. 291-302., 2000.
- [3] S. M. Ryan and J. Vorasayan, "Allocating work in process in a multiple-product CONWIP," *International Journal of Production Research*, vol. 43, no. 2, pp. 223-246, 2005.
- [4] C. S. Kumar and R. Panneerselvam, "Literature review of JIT-KANBAN system," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* , vol. 32, no. 3-4, pp. 393-408, 2007.
- [5] A. Higgins and I. Davies, "A simulation model for capacity planning in," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 47, pp. 85-102, 2005.
- [6] P. Vilailuck, K. Sethanan and K. Moonsri, "Simulation of Sugar Cane Harvesting and Transportation," in *Proceedings of the 4th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering*, Japan, 2016.

ภาคผนวก ง

เปรียบเทียบวัตถุประสงค์และกิจกรรมที่วางไว้

การเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ในบทที่ 1 และกิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผนของการวิจัย กับกิจกรรมที่ได้ดำเนินการจริง ได้แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 1 ดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 1 วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ กิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผน และกิจกรรมที่ได้ดำเนินการจริง

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองแถวคอยสำหรับระบบการขนส่งอ้อยร่วมกับโรงงานน้ำตาลจำนวน 2 โรงงาน	1.1 รวบรวมข้อมูลปัญหาในการจัดรถตัดและขนส่งอ้อยจากโรงงานน้ำตาลและชาวไร่	รวบรวมข้อมูลปัญหาในการจัดรถตัดและขนส่งอ้อยจากโรงงานน้ำตาลและชาวไร่	ปัญหาเวลาในการรอ ซึ่งเกิดจากการทำกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ การขึ้นอ้อยที่แปลง หรือสถานีรับอ้อย เวลาเดินทางขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน เวลาในการพักยาง เวลาในการซังเข้า เท และซังออก เวลาในการรอที่จุดต่างๆ ข้างต้น ต้นทุนการขนส่งจากรถบรรทุก และคนขับ
	1.2 พัฒนาแบบจำลองและระบบฐานข้อมูลสำหรับโปรแกรม	พัฒนาแบบจำลองและระบบฐานข้อมูลสำหรับโปรแกรม	คณะวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองให้แก่โรงงานกรณีศึกษาที่ 1 มีดังนี้ 1) แบบจำลองการพยากรณ์เวลาในการรอด้วยวิธีการทำเหมืองข้อมูล โดยมีการนำฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ตัวแปรและสังเคราะห์ตัวแปรใหม่คือจำนวนรถในลาน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับเวลาในการรอ โดยให้การพยากรณ์มีความถูกต้องมากขึ้น 2) แบบจำลองสำหรับการเทอ้อยในโรงงาน 3) แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับอ้อย คณะวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองให้แก่โรงงานที่ 2 ดังนี้ 1) แบบจำลองการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล 2) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำ 3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยรถพ่วง 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
2. เพื่ออบรมการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองแก่พนักงานผู้รับผิดชอบการวางแผนการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาลจำนวน 2 โรงงาน	2.1 อบรมการใช้งาน	โรงงานกรณีศึกษาที่ 1 ส่งมอบ 1) แบบจำลองสำหรับการเทอ้อยในโรงงาน 2) แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับอ้อย โรงงานกรณีศึกษาที่ 2 ส่งมอบ 1) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำ 2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด	- พนักงานสามารถใช้แบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจ โดย แบบจำลองเพื่อการจัดลำดับอ้อยแบบจำลองการขนส่งอ้อยของโรงงานน้ำตาล การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยรถพ่วง 1 ชุด และขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด นั้นพัฒนามาบน MS Excel ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน - แบบจำลองพยากรณ์จำเป็นต้องซื้อโปรแกรม PASW เพื่อช่วยในการทำเหมืองข้อมูลซึ่งคณะวิจัยสามารถใช้โปรแกรมลิขสิทธิ์ในคณะช่วยทำให้ได้ - สำหรับแบบจำลองเพื่อการจัดลำดับอ้อยต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในด้านผลตอบแทนของการตัดซึ่งรวมถึง ความหวาน น้ำหนักอ้อย เวลาในการปลูก ต้นทุนการรื้อแปลงและปลูกใหม่ ในแต่ละช่วงเวลา
3. เพื่อปรับแก้ให้โปรแกรมแบบจำลองแถวคอยสามารถคำนวณปริมาณการตัดอ้อยด้วยความผิดพลาดไม่เกิน 10%	3.1 พัฒนาโปรแกรมควบคู่ไปกับการทดลองใช้งาน	พัฒนาโปรแกรมควบคู่ไปกับการทดลองใช้งาน	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาจำนวนรถขั้นต่ำ การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและกำไรของการขนส่งด้วยหัวลาก 1 ชุดและขนส่งด้วยหัวลากเทรลเลอร์ 2 ชุด ถูกนำไปใช้เปรียบเทียบกับการใช้งานจริงและมีการปรับแก้ค่าเพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
4. เพื่อใช้โปรแกรมเป็นเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าโรงงานทั้งสองในอนาคตให้ดียิ่งขึ้นอย่างน้อย 10%	3.1 วิเคราะห์ข้อมูล ระบุจุดอ่อนของระบบ และสรุปผล	วิเคราะห์ข้อมูล ระบุจุดอ่อนของระบบและสรุปผล	ความแปรปรวนของเวลาของกิจกรรมในระบบเช่น การเสียของเครื่องจักร การเสียของรถ ความไม่แน่นอนของการเดินทาง ระบบการส่งอ้อยแบบเสรี หรือ การมีคิวพิเศษเร่งด่วน เหล่านี้ทำให้ความถูกต้องของแบบจำลองลดลง นอกจากนั้น การขาดข้อมูลในลานนอก และข้อมูลการตัดอ้อยของเกษตรกร เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง จึงควรมีการเก็บข้อมูลส่วนนี้เพิ่มเติมด้วยด้วยการติด sensor หรือ อุปกรณ์ GPS บนรถบรรทุก การนำผลการพยากรณ์เวลาในการรอที่ได้ส่งผ่านแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้เกษตรกรได้รับทราบและมาส่งอ้อยในเวลาที่เหมาะสม เมื่ออัตราการส่งอ้อยและอัตราการหีบใกล้เคียงกัน ก็จะสามารถลดเวลาในการรอลงจากปัจจุบันได้

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
5. เพื่อการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยในงานประชุมระดับชาติ 1 ครั้ง กิจกรรมต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยแต่ละข้อ	5.1 เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์	เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์	รายงานฉบับสมบูรณ์
	5.2 เขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ/การเข้าร่วมประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	เขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ	1) หัวข้อ “A simulation to compare single-loop and double-loop sugarcane transportation protocols” ใน International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM), 2018 2) หัวข้อ “Cost Analysis for Sugarcane Transporting Improvement from Loading station to Sugar mill” ใน The 5th International Conference on Agro-Industry (ICOA), 2018 3) บทความในวารสาร มองการไกลอุตสาหกรรมเกษตร ฉบับพิเศษครบรอบ 15 ปี ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์” และในเว็บไซต์ http://aitm.agro.ku.ac.th/press/2018/05/09/sugar_cane_transport/ โดยมีชื่อเรื่อง การขนส่งอ้อยด้วยรถกึ่งพ่วง 22 ล้อ