



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การหาคำคำตอบที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อ
แก้ปัญหาด้านการจัดการอ้อยเข้าสู่โรงงานร่วมกับการพิจารณาเงื่อนไขการ
เข้าถึงได้ของแปลงอ้อยและข้อจำกัดของโรงงานน้ำตาล

โดย ดร.วราญา เนืองมัจฉา

กรกฎาคม 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การหาคำคำตอบที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อ
แก้ปัญหาการจัดการอ้อยเข้าสู่โรงงานร่วมกับการพิจารณาเงื่อนไขการ
เข้าถึงได้ของแปลงอ้อยและข้อจำกัดของโรงงานน้ำตาล

ดร.วรญา เนืองมัจฉา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมเกษตรอย่างห่วงโซ่อุปทานของอ้อยและน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวนมากในการติดต่อประสานงานกันทำให้เกิดความซับซ้อนสูง อย่างไรก็ตามแนวทางหนึ่งที่จะเพิ่มผลกำไรโดยบูรณาการทำงานระหว่างโรงงานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียภายในห่วงโซ่อุปทาน ระบบดังกล่าวนำไปสู่การวางแผนที่ต้องการการสนับสนุนการตัดสินใจที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางแผนที่ดีที่เกี่ยวข้องกับการเลือกแหล่งที่มาของอ้อย (ไร่) การวางแผนเก็บเกี่ยว รวมถึงระบบการขนส่งอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต ดังนั้นจุดประสงค์ของการวิจัยนี้คือการบูรณาการกิจกรรมการผลิตอ้อยที่เกี่ยวข้องกับทั้งกระบวนการการเก็บเกี่ยวและการจัดการของโรงงาน โดยการวิจัยครอบคลุมการตัดสินใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งโดยเกษตรกรผู้เพาะปลูกและบูรณาการกับคิวการขนถ่ายอ้อยหน้าลานเพื่อนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต ยิ่งไปกว่านั้นในการปรับใช้จริงมักจะเป็นกรณีที่การวางแผนการจัดหาอ้อยต้องพิจารณาเงื่อนไขและวัตถุประสงค์การตัดสินใจหลายๆ เกณฑ์อย่างพร้อมกันเช่นในการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต้องคำนึงถึงทั้งการลดระยะทางรวมในการเก็บเกี่ยวและเพิ่มผลผลิตอ้อยให้ได้มากที่สุด ด้วยความซับซ้อนของปัญหาการประยุกต์ใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมได้ถูกนำเสนอ นอกจากนี้ได้พัฒนาวิธีการทางเมตเฮอริสติกส์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดหาอ้อยที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย การแบ่งตัดรายแปลงซึ่งเป็นข้อจำกัดในกระบวนการเก็บเกี่ยว วิธีการที่นำไปใช้ในการหาวิธีแก้ปัญหาตามแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นนำไปสู่การประหยัดต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเทียบกับตารางเวลาที่ดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่โรงงาน โดยโรงงานสามารถปรับใช้ตัวแบบที่นำเสนอเพื่อตัดสินใจเมื่อจัดคิวให้กับกลุ่มผู้ปลูกที่ทำสัญญาเพื่อเพิ่มผลกำไรและทำให้ผู้ปลูกวางแผนได้ง่ายในวางแผนการเก็บเกี่ยวซึ่งขึ้นกับผลผลิตค่าน้ำตาลในแต่ละแปลงอ้อยเมื่อเทียบกับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจขั้นต่ำที่ต้องการ

คำสำคัญ: การหาค่าคำตอบที่เหมาะสมหลายวัตถุประสงค์, อ้อย, การเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย, การตัดสินใจ

Abstract

Agro-industry, such as sugarcane supply chains, involving several stakeholders need coordination, which can be highly complex. However, there is a potential to enhance profitability by examining the interactions between stakeholders within the supply chain at the mill area level. Such systems lead to plan requiring a wide range of decision support, especially, the good planning involving the choice of sugarcane source (fields), the plot to harvest, the harvested planning and the transportation system. Thus, the aim of this research is to integrate the sugarcane production's activities that involving both a harvesting sector and a milling sector. The research covers decisions on the harvesting stage and transportation, by suppliers and integrated with the sugarcane unloading queue at the mill, also regarding the stage of the sugarcane industrial process. Moreover, in real-life applications, it is often the case that the sugarcane supply planning to be solved must optimize multi-criteria simultaneously, for example in sugarcane harvesting where the two criteria under consideration are minimizing harvested distance and maximizing sugarcane yield. Due to the intrinsic complexity of this problem, a mixed 0-1 integer programming is presented. Furthermore, this research is different from that of the other sugarcane supply planning in that it develop an efficient metaheuristic solution technique to find a near optimal solution in a large-sized problem of sugarcane supply system with the accessibility and split planting/harvesting constraint. The methodologies that were applied to find a solution to the model, leading to potential cost savings versus schedules produced manually by the mill officer. The mill could use the proposed model to make decisions when providing the queue cards to the contracted grower groups in order to increase profitability and make the grower easily plan based on the field's harvested yield and is evaluated based on the minimum required economic yield.

Keywords: Multi-objective Optimization, Sugarcane, Field Accessibility, Decision-making

Executive summary

โครงการ การหาคำตอบที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการจัดการอ้อยเข้าสู่โรงงานร่วมกับการพิจารณาเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยและข้อจำกัดของโรงงานน้ำตาล

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเพื่อการพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจและการเชื่อมโยงห่วงโซ่มูลค่าโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ซึ่งถือเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยกิจกรรมโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย จะเริ่มตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก กระบวนการเก็บเกี่ยว กระบวนการรวบรวมและขนส่งอ้อย รวมทั้งกระบวนการในการจัดการหน้าลานเพื่อนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตอ้อยและน้ำตาลสูงที่สุดคือ กิจกรรมการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย ซึ่งมีสัดส่วนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด โดยเฉพาะในประเทศไทยที่ชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยขนาดเล็กกระจายตัวอยู่จำนวนมาก ทำให้ยากต่อการบริหารจัดการในการนำเข้าวัตถุดิบหรืออ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต เป็นผลให้ประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยสูงกว่าประเทศผู้ค้าน้ำตาลคู่แข่งอย่างบราซิลและออสเตรเลีย นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขด้านผลผลิตตันอ้อยต่อไร่ และผลิตน้ำตาลต่อตันอ้อยของไทย พบว่ามีค่าต่ำกว่าประเทศคู่แข่งทั้งสองเกือบเท่าตัว สะท้อนให้เห็นว่าความสามารถในการบริหารจัดการอ้อยของประเทศไทยยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ประเทศไทยยังขาดงานวิจัยและเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งแตกต่างจากประเทศคู่แข่ง โดยเฉพาะประเทศออสเตรเลียที่มีการศึกษาเพื่อเพิ่มผลผลิต (Productivity) และหาแนวทางเพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมาอย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้ออสเตรเลียเป็นประเทศผู้ผลิตอ้อยและน้ำตาลที่มีค่าผลผลิตตันอ้อยต่อไร่ และผลิตน้ำตาลต่อตันอ้อยสูงที่สุดในโลก โดยแนวทางที่นักวิจัยส่วนใหญ่ได้นำเสนอเพื่อการเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลคือการจัดการให้ได้อ้อยที่มีคุณภาพหรือเป็นอ้อยที่มีการสะสมน้ำตาลหรือค่าความหวานสูง เข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลให้ได้มากที่สุด เนื่องจากอ้อยที่มีค่าความหวานสูงจะสามารถแปรูปเป็นน้ำตาลต่อตันอ้อยได้มากกว่า ทำให้เกิดความคุ้มค่าต่อหน่วยการผลิต ซึ่งในบทความต่างๆ ได้แสดงให้เห็นว่าหากมีแนวทางในวางแผนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยที่มีประสิทธิภาพจะมีผลให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่สูงขึ้น โดยใช้แนวทางการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงที่อ้อยสุกเต็มที่หรือมีค่าความหวานสูงสุด ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากแปลงอ้อยจะปลูกเป็นพื้นที่กว้างและมีความลึกของแปลงที่เป็นข้อจำกัดของการเข้าถึงแปลงอ้อยที่มีค่าความหวานสูงที่อยู่ลึกเข้าไปได้ยาก หากไม่มีการเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่อยู่ระดับ (Layer) ด้านหน้าก่อน ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวนี้ได้ถูกละไว้ในงานวิจัยด้านการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ผ่านมา ทำให้ยากต่อการนำไปใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมได้ ซึ่งทั้งหมดนี้ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทยโดยตรง

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการการนำเข้าวัตถุดิบหรืออ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ด้วยการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน โดยในส่วนการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีการพิจารณาเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยร่วมด้วย

ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้จริงยิ่งขึ้น นอกจากนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางในการปฏิบัติเดิมของเกษตรกรที่นิยมเก็บเกี่ยวอ้อยในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน แต่อาจมีผลให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมจากอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการส่งอ้อยที่ต่ำ ดังนั้นเพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจเปรียบเทียบกับระหว่างการเก็บเกี่ยวในแปลงที่ห่างไกลกันมากขึ้น แต่ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่สูงสุด จึงนำเสนอปัญหาออกมาให้รูปแบบของปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Problem) ซึ่งวัตถุประสงค์ที่ 1 คือเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่สูงที่สุด (Maximize Sugarcane Yield) และวัตถุประสงค์ที่ 2 คือเพื่อให้เกิดระยะทางในการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุด (Minimize Total Distance) โดยผลเฉลยที่ได้จะออกมาเป็นกลุ่มคำตอบบนขอบหน้าพาเรโต ซึ่งสามารถนำไปเป็นกลยุทธ์ทางเลือกให้เกษตรกรแต่ละกลุ่มสามารถเลือกดำเนินการตามความพึงพอใจ ซึ่งทั้งหมดนี้จะนำไปสู่การบูรณาการการบริหารจัดการร่วมกันระหว่างทางโรงงานน้ำตาลและเกษตรกร นำไปสู่ระบบการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับเทคนิคและวิธีการที่ใช้เพื่อการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้คือ การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านขนาดปัญหาที่สามารถรองรับได้ รวมทั้งไม่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะแบบหลายวัตถุประสงค์ได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้นำเทคนิคทางเมตาฮีริสติกส์ (Meta-heuristics) ที่เรียกว่าวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบหลายโครงสร้างทางสังคม (GLN Particle swarm optimization หรือ GLNPSO) ที่นำเสนอโดย Pongchairerks และ Kachitvichayanukul (2005, 2009) มาประยุกต์ใช้ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GLNPSO ในแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ผู้ศึกษาจึงได้นำเสนอแนวทางในการถอดรหัส (Decoding) ที่แตกต่างกัน และในส่วนของปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธี GLNPSO ที่ต้องมีการกำหนดกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ปรับใช้ 4 กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง ที่นำเสนอในงานของ Wisittipanuch และ Kachitvichayanukul (2013) และได้เสนอทางเลือกในการใช้กลยุทธ์ทั้ง 4 ร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลาย (Diversity) และเพิ่มความสามารถในการรู้เข้าหาคำตอบที่ดีขึ้น

โดยผลจากการศึกษาดังนำเสนอไว้ในบทที่ 7 พบว่าในการแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบหลายวัตถุประสงค์ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการในการถอดรหัสทั้งหมด 7 รูปแบบคือ

- การถอดรหัสที่ 1 (Dc1) ใช้หลักการลำดับสำคัญตามค่าที่สุ่มได้ (Ranked-order Value: ROV)
- การถอดรหัสที่ 2 (Dc2) เลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่อยู่ใกล้เคียงกันที่สุด (Based Distance)
- การถอดรหัสที่ 3 (Dc3) เลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่มีค่าความหวานมากที่สุด (Based Sugarcane CCS)
- การถอดรหัสที่ 4 (Dc4) เลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่มีสัดส่วนระหว่างค่าความหวานของแปลงอ้อยลำดับถัดไป หาคด้วย ระยะทางระหว่างแปลงอ้อยที่พิจารณากับแปลงอ้อยในลำดับถัดไป ที่มากที่สุด
- การถอดรหัสที่ 5 (Dc5) แบ่งอนุภาคออกเป็น 4 ฝูงย่อย แล้วให้แต่ละฝูงเลือกใช้การถอดรหัส Dc1 – Dc4 ตามลำดับ (Sub-swarm Selection)
- การถอดรหัสที่ 6 (Dc6) ให้แต่ละอนุภาคเลือกใช้รูปแบบการถอดรหัส Dc1 – Dc4 ด้วยการสุ่มเลือกใช้ (Random Selection)
- การถอดรหัสที่ 7 (Dc7) รูปแบบการเลือกโดยผสมระหว่าง Dc5 และ Dc6 (Mixed Selection)

การทดสอบด้วยการเปรียบเทียบค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ของการทดลอง 3 ซ้ำ ของแต่ละรูปแบบการถอดรหัส พบว่าการถอดรหัสที่ 5 (Dc5) มีค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ที่ต่ำที่สุด นั่นหมายถึงมีจำนวนผลเฉลยที่ครอบงำ (Dominance) โดยผลเฉลยที่ได้จากการถอดรหัสรูปแบบอื่นค่อนข้างน้อย หรือไม่มีเลย

และในส่วนของการเคลื่อนที่ของฝูงได้ทำการแบ่งเป็น 7 รูปแบบเช่นเดียวกัน ดังนี้

- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 1 (Ms1)
- $$\omega_{lh}(\tau+1) = w(\tau)\omega_{lh}(\tau) + c_p u(\psi_{lh} - \theta_{lh}(\tau)) + c_l u(\psi_{lh}^L - \theta_{lh}(\tau)) + c_n u(\psi_{lh}^N - \theta_{lh}(\tau))$$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 2 (Ms2)
- $$\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u(y_{R1,h} - \theta_{lh}(\tau))$$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 3 (Ms3)
- $$\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u[(E_{1,d} - \theta_{lh}(\tau)) + (E_{1,d} - E_{2,d})]$$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 4 (Ms4)
- $$\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u(y_{R1,h} - y_{R2,h})$$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 5 (Ms5)
- แบ่งอนุภาคออกเป็น 4 ฝูงย่อย แล้วให้แต่ละฝูงเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง Ms1 – Ms4 ตามลำดับ (Sub-swarm Selection)
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 6 (Ms6)
- ให้แต่ละอนุภาคเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง Ms1 – Ms4 ด้วยการสุ่มเลือกใช้ (Random Selection)
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 7 (Ms7)
- รูปแบบการเลือกโดยผสมระหว่าง Ms5 และ Ms6 (Mixed Selection)

เมื่อทำการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ของการทดลอง 3 ซ้ำ ของแต่ละกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง พบว่ากลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 7 (Ms7) มีค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ที่ต่ำที่สุด และสอดคล้องกับรูปแบบการถอดรหัสที่ 5 (Dc5) ที่มีความสามารถในการค้นหาคำตอบได้ดีหรือมีจำนวนผลเฉลยที่ไม่ถูกครอบงำ (Non-dominance) หากใช้ร่วมกับกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 7 และเมื่อทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาทั้งด้านการจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อย ทั้งในส่วนของรูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีทางเมตะฮิวริสติกส์สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อรองรับการวางแผนการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตให้มีคุณภาพสูงขึ้น รวมทั้งเกิดต้นทุนทางโลจิสติกส์ที่ต่ำลง ดังผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงคำตอบในการจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ให้ผลตอบแทนของค่าวัตถุประสงค์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.7 -8.7 ของแนวทางในการจัดการรูปแบบเดิม (Current Practice) ซึ่งทั้งหมดนี้ถือเป็นทางเลือกให้กับทางเกษตรกรชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลดำเนินการเพื่อการจัดการด้านอ้อยร่วมกันหรือการทำงานในเชิงบูรณาการ โดยสามารถนำเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจนี้ไปใช้ในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโลจิสติกส์อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทยให้มีศักยภาพในการแข่งขันกับตลาดโลกและเกิดความยั่งยืนของธุรกิจต่อไป

สำหรับในส่วนการศึกษาการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยสำหรับการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษา ซึ่งประเภทของรถบรรทุกสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) รถสิบล้อ 2) รถพ่วง และ 3) รถขนาดเล็ก ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ประการ ได้แก่ ประการแรกปัญหาเรื่องปริมาณของรถบรรทุกที่เข้ามานั้นมีจำนวนน้อยจึงทำให้ปริมาณอ้อยที่เข้ามานั้นน้อยกว่ากำลังการผลิตของโรงงาน ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากโรงงานพึ่งเปิดทำการจึงทำให้ยังมีเกษตรกรที่รู้จักน้อยรวมไปถึงโรงงานแห่งแรกยังไม่สามารถที่จะกระจายปริมาณรถบรรทุกมายังโรงงานแห่งที่สองเพราะยังอยู่ในช่วงของการวางแผน และปัญหาเรื่องการบริหาร

จัดการกระบวนการเข้ามาของรถบรรทุกไปยังหน้าลานเท ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากไม่สามารถคาดเดาปริมาณรถบรรทุกที่เข้ามาในแต่ละวันได้ รวมไปถึงมีการใช้เวลาในบางกระบวนการที่มากเกินไป จึงได้มีการนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena version 14.50.00002 เพื่อทำการศึกษาสาเหตุของปัญหาในปัจจุบัน พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และในอนาคตหากมีการขยายกำลังการผลิตจากโรงงานแห่งแรกมายังแห่งที่สอง ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นคือจะมีจำนวนรถบรรทุกที่เข้ามายังโรงงานมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบกับเวลาที่ใช้ในระบบจะมากขึ้น ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้มีการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาขึ้น ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 4 แนวทาง คือ 1) แนวทางการให้ความสำคัญรถสิบล้อและรถพ่วง 2) แนวทางการเพิ่มแท่นเทจำนวนหนึ่งแท่น 3) แนวทางการให้ความสำคัญแท่นเทอ้อยที่หนึ่ง สำหรับรถสิบล้อเท่านั้น และ 4) แนวทางการเพิ่มแท่นเทอ้อยแห่งที่ห้ารวมไปถึงมีการจัดสรรให้แท่นเทอ้อยที่หนึ่งกับแท่นเทที่ห้าสำรองไว้สำหรับการบริการรถประเภทสิบล้อเท่านั้น โดยแนวทางที่เหมาะสมที่สุด คือแนวทางที่ 4 ซึ่งเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถลดเวลาโดยรวมเฉลี่ยที่อยู่มาในระบบของรถบรรทุกอ้อยลง และมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรต่างๆมากขึ้นนอกจากนี้แนวทางของกลยุทธ์ที่ 4 ที่นำเสนอมีการใช้เงินที่ลงทุนน้อยที่สุดคือ 500,000 บาท ใช้ระยะเวลาในการคืนทุนสั้นที่สุดคือ 3 วัน และได้ผลกำไรตอบแทนมากที่สุดคือ 179,861 บาท/หนึ่งรอบการส่ง ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงแก้ไข

สารบัญ

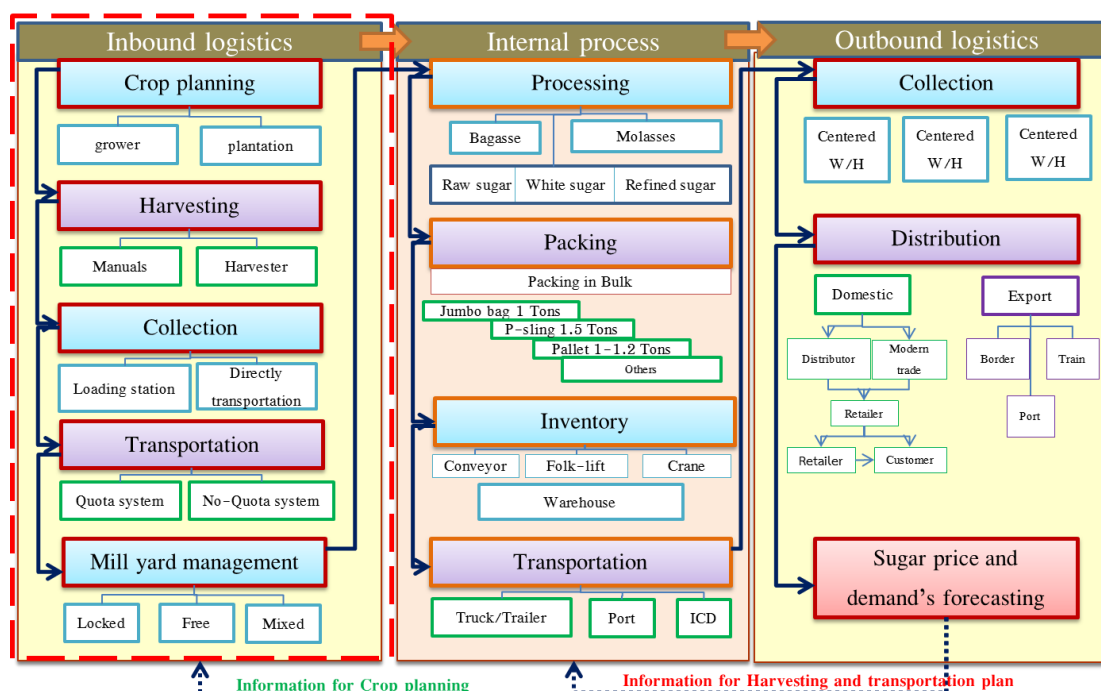
บทที่	หน้า
1 บทนำ	1-1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1-3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1-3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-1
2.1 ระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย	2-1
2.2 โลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย	2-4
2.3 การหาค่าคำตอบที่เหมาะสม	2-9
2.4 การจำลองสถานการณ์	2-10
2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-12
3 ระเบียบวิธีการวิจัย	3-1
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	3-1
3.2 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย	3-1
3.3 โรงงานกรณีศึกษา	3-4
3.4 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อจัดการอ้อยเข้าสู่โรงงาน รวมกับการพิจารณาเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย	3-7
3.5 การจำลองสถานการณ์ในกระบวนการบริหารจัดการหน้าลานภายใต้ข้อจำกัดของโรงงานน้ำตาล	3-17
4 ผลการวิจัย	4-1
4.1 ผลการทดลองการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยในการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์	4-1
4.2 ผลการจำลองสถานการณ์ในกระบวนการบริหารจัดการหน้าลาน	4-8
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	5-1
5.1 สรุปผลการวิจัย	5-1
5.2 ผลประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย	5-3
5.3 ข้อเสนอแนะ	5-3
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

บทที่ 1

บทนำ

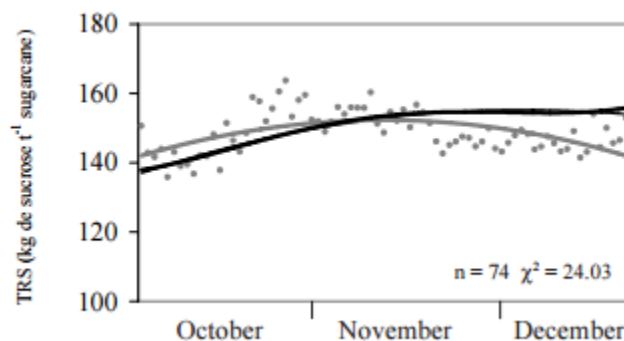
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเกษตรแบบยั่งยืนเป็นจุดสนใจของคนทั้งโลกเนื่องจากการแข่งขันที่รุนแรงขึ้นในตลาดโลก นี่เป็นความท้าทายที่ต้องเผชิญกับธุรกิจการเกษตรที่อุปสงค์และอุปทานไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะในประเทศหรือภูมิภาค แต่กลายเป็นกระบวนการระหว่างประเทศ นอกจากนี้ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเกษตรที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวนมากนำไปสู่ความซับซ้อนสูงและต้องการการสนับสนุนการตัดสินใจที่หลากหลาย (Le Gal et al., 2009) ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมในการเกษตรจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางจากนักวิจัยจำนวนมากเพื่อจัดการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำและมีรายได้สูง (Sarker & Ray, 2009) เช่น การวางแผนการเพาะปลูก (Haneveld & Stegeman, 2005) การผลิตผัก (dos Santos et al., 2010) การประมงและการจัดการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Bjørndal et al., 2004) อ้อยเป็นพืชที่สำคัญในโลก (FAO, 2013) ไม่เพียงแต่ใช้เป็นอาหาร เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเท่านั้น แต่ยังสนับสนุนภาคพลังงานด้วยปัจจัยการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมพลังงานชีวภาพ ในฐานะที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารระดับโลก น้ำตาลเป็นระบบเกษตรอาหารที่ผลิตในหลายประเทศเพื่อกระจายไปทั่วโลกโดยประเทศผู้ส่งออกสำคัญ 4 ประเทศ ได้แก่ บราซิล ไทย ออสเตรเลีย และอินเดีย เป็นต้น หากต้องการอยู่ในตลาดน้ำตาลโลกที่มีการแข่งขันสูงการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตน่าจะเป็นประเด็นที่สำคัญที่สุดที่กำหนดความสำเร็จและความอยู่รอดของอุตสาหกรรม การผลิตอ้อยนั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมหลายอย่างซึ่งรวมถึงการปลูก การเก็บเกี่ยวอ้อย การขนส่งไปยังโรงงานเพื่อผลิตน้ำตาลทรายดิบ คลังสินค้า จากนั้นกระจายและส่งออกไปยังลูกค้า ดังรูปที่ 1.1

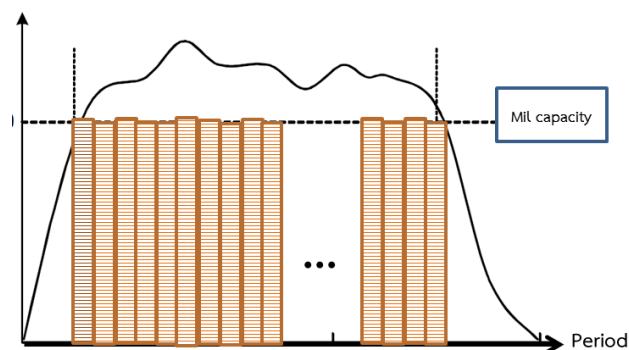


รูปที่ 1.1 ห่วงโซ่อุปทานน้ำตาลและอ้อย

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบูรณาการการวางแผนการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวอ้อย และการขนส่งครอบคลุมการตัดสินใจที่ซับซ้อนซึ่งมีความสำคัญโดยตรงและมีอิทธิพลต่อผลผลิตโดยรวม (เช่นรายงานใน Cock et al., 2000; Higgins & Muchow, 2003; Higgins & Laredo, 2006; Dominik Jena & Poggi, 2013) การปลูกอ้อย การเก็บเกี่ยว และการขนส่งที่ไม่เหมาะสมมักเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตอ้อยเนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอ้อย (เช่น ผลผลิตอ้อย ปริมาณน้ำตาลซูโครสของอ้อยหรือ CCS) และปริมาณอ้อยที่โรงงาน เพื่อรักษาความสามารถในการหีบสูงสุดให้คงที่ตลอดฤดูการเพาะปลูก ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อเสถียรภาพของรายได้ของผู้ปลูกรวมถึงประสิทธิภาพในการใช้กำลังการผลิตของโรงงานทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและรายได้ต่ำ แผนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพสามารถปรับปรุงคุณภาพอ้อยตั้งแต่วันเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลสูง อย่างไรก็ตามการจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นซับซ้อนมากซึ่งปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงการจัด (combinatorial optimization problem) ที่เป็นปัญหาแบบ NP-hard โดยความซับซ้อนอยู่ในรูปแบบของจำนวนไร่ อ้อย ทรัพยากรเก็บเกี่ยวที่มีอยู่ การเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย และการสุกทางกายภาพของอ้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ความหลากหลายของพันธุ์อ้อย สภาพภูมิอากาศ ความเสมอภาคของผู้ปลูก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งภูมิศาสตร์ที่ตั้งของแปลงอ้อย ดังที่รายงานในการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการทำนายแบบจำลองระดับน้ำตาลซูโครสและผลผลิตในอ้อยว่าการสะสมน้ำตาลอยู่รูปแบบของเส้นโค้งซูโครสรูประฆัง (Salassi et al., 2002; Jiao et al., 2005) นำไปสู่ความหลากหลายของค่า CCS ในแต่ละแปลงอ้อยเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากผลผลิตอ้อยทั้งหมดในแต่ละแปลงอ้อยจึงควรเก็บเกี่ยวที่จุดสุกแก่เต็มที่ (รูปที่ 1.2) อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงเวลาที่สุกเต็มที่ทุกแปลงเป็นเรื่องเป็นไปได้ยากเนื่องจากข้อจำกัดของกำลังการผลิต และข้อจำกัดของทรัพยากรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง (ดังรูปที่ 1.3)



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างเส้นโค้งการสะสมค่าความหวานของอ้อย (Scarpari & Beauclair, 2004)



รูปที่ 1.3 ข้อจำกัดของกำลังการผลิตในแต่ละช่วงเวลา

นอกจากนี้การจัดสรรการเก็บเกี่ยวและการส่งอ้อยเข้าโรงงานต้องคำนึงถึงความสะดวกของเกษตรกรผู้เพาะปลูกที่ทำสัญญาต้นในการส่งอ้อยให้กับทางโรงงานอย่างเท่าเทียมกัน ภายใต้ความท้าทายเหล่านี้มีการวิจัยที่ผ่านมาจึงได้เสนอแนวทางการพัฒนาแผนการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงห่วงโซ่คุณค่าและลดต้นทุนในห่วงโซ่อุปทานอ้อยและน้ำตาล (Higgins et al., 1998; Salassi et al., 2002; Jiao et al., 2005; Lopez Milan et al., 2006 ; Grunow et al., 2007; Stray et al., 2012; Dominik Jena & Poggi, 2013) ยิ่งไปกว่านั้นข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการกำหนดเวลาที่เหมาะสมเพื่อตัดสินใจเก็บเกี่ยวอ้อยโดยคำนึงถึงพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยในแต่ละช่วงเวลาเนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective optimization) เพื่อวางแผนการจัดหาอ้อยที่เหมาะสมสำหรับการบูรณาการการเก็บเกี่ยวและการส่งมอบอ้อยให้โรงงานน้ำตาล ด้วยการพิจารณาการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยและความสามารถในการแบ่งตัดในแต่ละแปลงอ้อย ด้วยความซับซ้อนของปัญหาการประยุกต์ใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมได้ถูกนำเสนอ นอกจากนี้ได้พัฒนาวิธีการทางเมตเฮอริสติกส์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดหาอ้อยที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย การแบ่งตัดรายแปลงซึ่งเป็นข้อจำกัดในระบบการเก็บเกี่ยว วิธีการที่นำไปใช้ในการหาวิธีแก้ปัญหาตามแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นนำไปสู่การประหยัดต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเทียบกับตารางเวลาที่ดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่โรงงาน โดยโรงงานสามารถปรับใช้ตัวแบบที่นำเสนอเพื่อตัดสินใจเมื่อจัดคิวให้กับกลุ่มผู้ปลูกที่ทำสัญญาเพื่อเพิ่มผลกำไรและทำให้ผู้ปลูกวางแผนได้ง่ายในวางแผนการเก็บเกี่ยวซึ่งขึ้นกับผลผลิตค่าน้ำตาลในแต่ละแปลงอ้อยเมื่อเทียบกับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจขั้นต่ำที่ต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบูรณาการกิจกรรมการผลิตอ้อยที่เกี่ยวข้องกับทั้งการวางแผนการเก็บเกี่ยวการขนส่งและการจัดการลานโรงงาน
- 2) เพื่อพิจารณาเกณฑ์สองเงื่อนไขในการลดต้นทุนโลจิสติกส์และเพิ่มผลผลิตอ้อยสูงสุด
- 3) เพื่อพัฒนาเครื่องมือการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ที่ช่วยให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจในการกำหนดเกณฑ์ที่หลากหลายที่เหมาะสมกับการปรับใช้ของกลุ่มแต่ละผู้ปลูก

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ขอบเขตหลักของการวิจัยนี้มุ่งเน้นเฉพาะในการปรับปรุงโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ในส่วนของกระบวนการภายในและโลจิสติกส์ขาออกของห่วงโซ่อุปทานน้ำตาลไม่รวมในการศึกษาในครั้งนี้
- 2) ขอบเขตของงานวิจัยนี้เพื่ออธิบายการวางแผนระบบการจัดหาอ้อยในส่วนของการจัดตารางการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการจัดการหน้าลานระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเก็บเกี่ยวในหนึ่งฤดูเก็บเกี่ยวของกรณีศึกษาโรงงาน
- 3) พิจารณาระบบการจัดหาอ้อยที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยและความสามารถในการแบ่งตัดในแต่ละแปลงอ้อย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลภาพรวมของระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย ซึ่งจะพิจารณาการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคของระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของโรงงาน โดยการพัฒนาเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของระบบการจัดการอ้อย ตั้งแต่กิจกรรมการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการบริหารจัดการหน้าลานเป็นหลัก โดยหัวข้อในบทนี้ประกอบด้วย (1) ระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย (2) โลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย (3) การหาคำตอบที่เหมาะสม (4) การจำลองสถานการณ์ และ (5) การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย

ระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย ซึ่งในภาพรวมตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ หากพิจารณาผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและกิจกรรมที่ดำเนินในระบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมดังกล่าวสามารถจำแนกได้ 3 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ระบบโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound logistics)

อ้อยนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่เป็นทั้งพืชอาหารและพืชพลังงาน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 9.4 ล้านไร่ ปริมาณน้ำฝน สภาพอากาศ และสภาพภูมิประเทศเหมาะสมต่อการปลูกอ้อย นอกจากนี้ในการส่งเสริมการปลูกอ้อยด้านต่างๆ อาทิ การส่งเสริมพันธุ์อ้อย การให้องค์ความรู้ในกิจกรรมการผลิตอ้อยต่างๆ ยังได้รับความช่วยเหลือจากภาครัฐ ภาคเอกชน สถาบันการเงิน และสถาบันการศึกษาเป็นอย่างดี และมีธุรกิจที่เชื่อมโยงกิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นมากมายได้แก่ บริษัทผลิตและนำเข้าเครื่องจักรกลการเกษตร ผู้ค้าผลิตภัณฑ์ปัจจัยทางการเกษตร เช่น ท่อนพันธุ์อ้อย ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ผู้ประกอบธุรกิจเพาะปลูก เก็บเกี่ยวอ้อย และการขนส่ง เป็นต้น ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการพัฒนาประเทศเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายภาคส่วนดังกล่าว หากพิจารณาด้านกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระบบโลจิสติกส์ขาเข้า ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการบริหารจัดการหน้าลาน

(2) ระบบโลจิสติกส์ภายใน (Internal logistics)

ประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลตั้งอยู่ในภูมิภาคต่างๆ ทั่วประเทศ รวม 47 แห่ง ได้แก่ภาคเหนือ 9 แห่ง ภาคกลาง 17 แห่ง ภาคตะวันออก 5 แห่ง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 16 แห่ง กำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 95.44 ล้านตัน นอกจากนี้บริษัทผู้ผลิตน้ำตาลของไทยได้มีการขยายฐานการผลิตไปสู่ต่างประเทศ เช่น ประเทศลาว ประเทศจีน และยังมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีความสำคัญยิ่งต่อระดับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ อาทิ อุตสาหกรรมเอทานอล เยื่อกระดาษ ปุ๋ยชีวภาพ โรงไฟฟ้า เป็นต้น หากพิจารณาด้านกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระบบโลจิสติกส์ภายใน ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การวางแผนการผลิต การผลิตและควบคุมคุณภาพ การขนถ่ายวัสดุ การบรรจุและการจัดเก็บ และการจัดการสารสนเทศ

(3) ระบบโลจิสติกส์ขาออก (Outbound logistics)

น้ำตาลทรายในประเทศไทยถูกแบ่งเป็นสามส่วนตามโควตา คือ

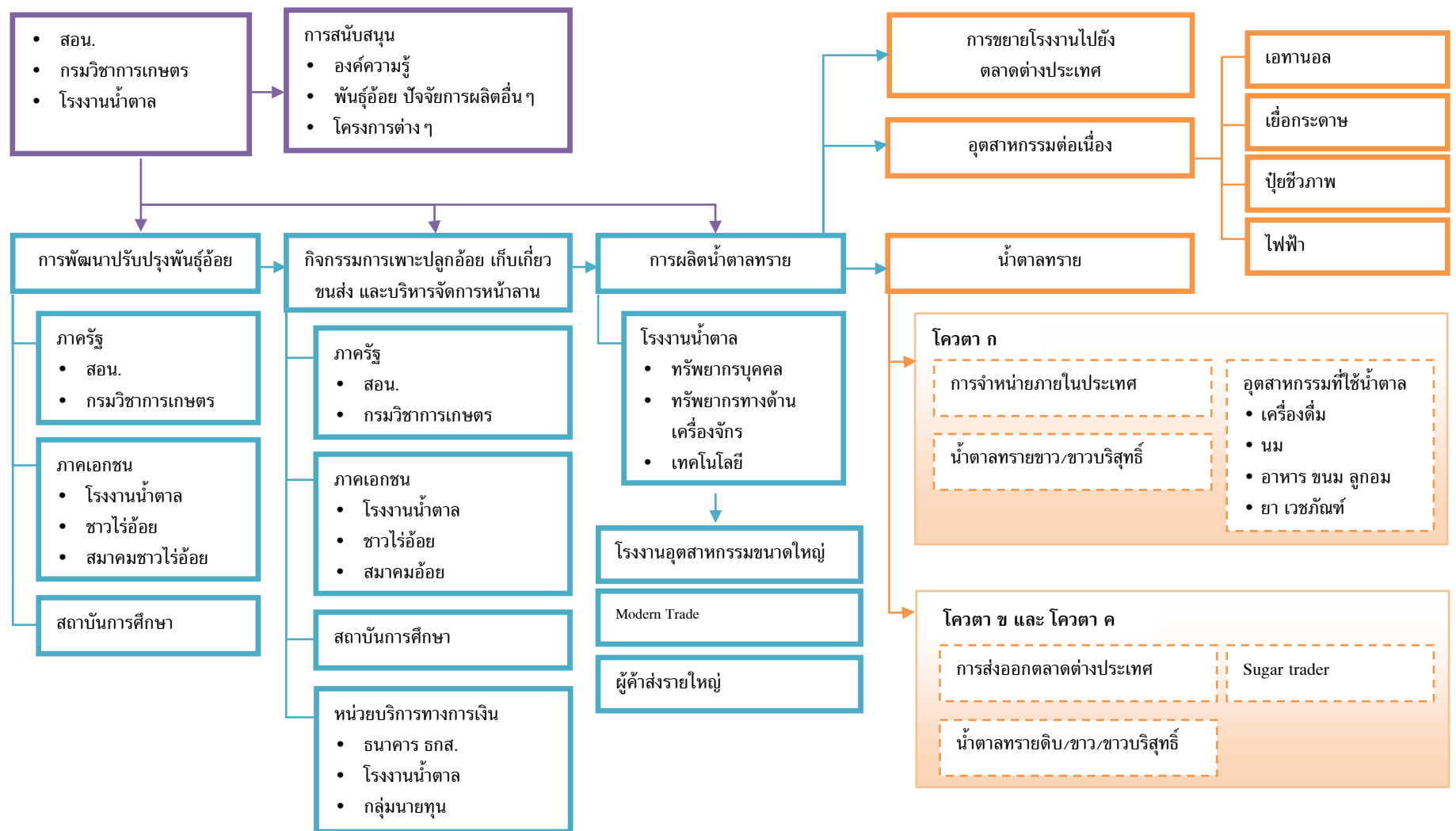
- น้ำตาลทรายโควตา ก ได้แก่ น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้โรงงานน้ำตาลผลิตเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศตามปริมาณที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายจะกำหนดในแต่ละฤดู

การผลิต ในการบริโภคนั้นเป็นการบริโภคโดยตรงและการนำไปใช้ต่อในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่มทั่วไป เครื่องดื่มชูกำลัง สุรา และเบียร์ ผลิตภัณฑ์นม อาหาร ขนม/ลูกอม และผลิตภัณฑ์ยา

- น้ำตาลทรายโควตา ข ได้แก่ น้ำตาลทรายดิบที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้โรงงานผลิตแล้วส่งมอบให้ บริษัท อ้อยและน้ำตาลไทย จำกัด เพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศ

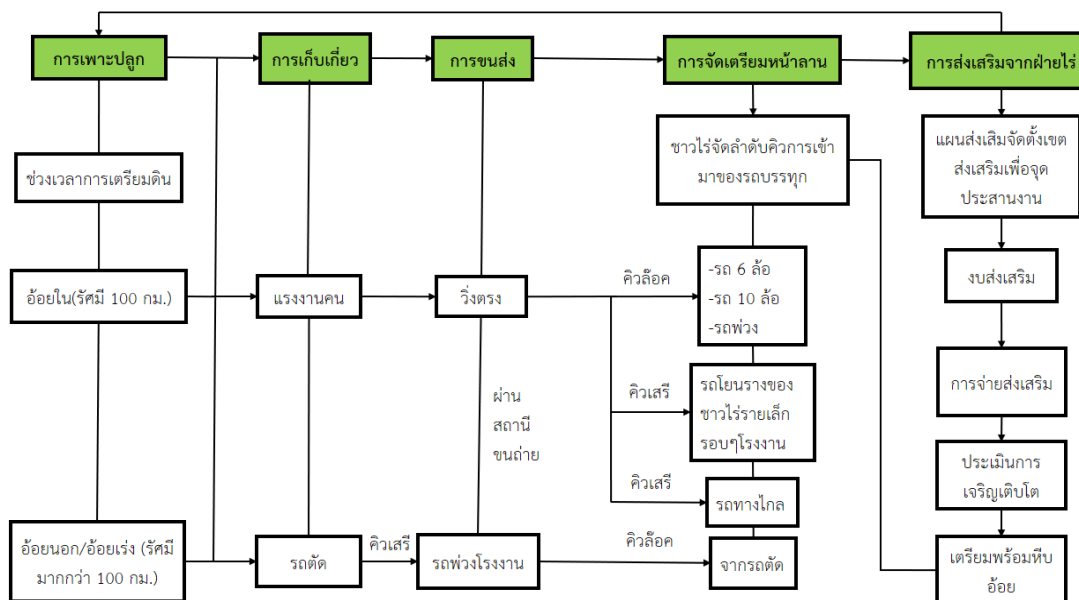
- น้ำตาลทรายโควตา ค ได้แก่ น้ำตาลทรายดิบ หรือน้ำตาลทรายขาว หรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดให้โรงงานผลิตเพื่อการส่งออกได้หลังจากที่โรงงานผลิตน้ำตาลทรายได้ครบตามปริมาณที่จัดสรรให้ตามโควตา ก และโควตา ข แล้ว โดยทำการส่งออกผ่านทางบริษัทส่งออกที่กำหนดไว้

หากพิจารณาด้านกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระบบโลจิสติกส์ขาออก ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ได้แก่การสื่อสารและการตลาด การขนส่งและกระจายสินค้า การจัดการคลังสินค้า การจัดการการส่งออก และการจัดการสารสนเทศ



รูปที่ 2.1 การพิจารณาผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย

โลจิสติกส์เข้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรับวัตถุดิบอ้อยมาจากเกษตรกรขนส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำตาล ซึ่งครอบคลุมถึงกระบวนการเพาะปลูก กระบวนการเก็บเกี่ยว และการขนส่งอ้อยไปยังหีบอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.2



2.2.1 กิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการเพาะปลูกอ้อย การเพาะปลูกอ้อยจะเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึง เดือนมิถุนายน ซึ่งการปลูกอ้อยของประเทศไทยนั้นมากกว่า 90% อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ โดยการปลูกอ้อยเพื่อส่งอ้อยโรงงานจะมี 3 ช่วงเวลา คือ (1) ช่วงหลังฝนหรืออ้อยข้ามแล้ง (2) ช่วงก่อนฝนหรืออ้อยน้ำราด และ (3) ช่วงต้นฝน ดังสรุปในตารางที่ 2.1

ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ข้ามแล้ง		น้ำท่วม				ต้นฝน					

2.2.1.2 การปลูกอ้อยน้ำราด จะเริ่มทำการเพาะปลูกหลังจากการปลูกอ้อยข้ามแล้ง เพราะหลังจากการเพาะปลูกอ้อยข้ามแล้งปริมาณความชื้นของดินจะยังไม่เพียงพอที่จะให้อ้อยเจริญเติบโตได้ จึงจะต้องทำการเพิ่มความชื้นให้แก่ดิน เพื่อให้ดินมีค่าความชื้นที่เพียงพอในการเจริญเติบโตของอ้อย โดยจะดำเนินการปลูกอ้อยประมาณเดือนธันวาคม – ต้นเดือนมีนาคม

2.2.1.3 การปลูกอ้อยต้นฝน จะดำเนินการเมื่อเริ่มเข้าฤดูฝน ซึ่งจะอยู่ในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงกลางเดือนมิถุนายน ถ้าปลูกหลังจากนี้ไปแล้ว ผลผลิตและคุณภาพอ้อยจะลดลงตามลำดับ

2.2.2 กิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการเก็บเกี่ยวอ้อย ในการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการผลิตน้ำตาล เพราะในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง ล้วนส่งผลกระทบต่อค่าความหวานของน้ำตาล อีกทั้งการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งจะต้องมีการวางแผนให้เหมาะสมกับประเภทรถในการขนส่งอ้อย

2.2.2.1 ประเภทของอ้อย

1) อ้อยสด คืออ้อยที่ได้ค่าความหวานที่สูงทำให้คุณภาพของน้ำตาลมีประสิทธิภาพและขายได้ราคาสูงกว่าอ้อยไฟไหม้แต่ในการเก็บเกี่ยวสำหรับแรงงานคนจะทำให้เกิดการเมื่อยล้า ระบายเคือง และ ใช้เวลาด้านาน

2) อ้อยไฟไหม้ คืออ้อยที่มีการเผาก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้มีการเก็บเกี่ยวง่ายเพราะไม่ต้องตัดใบอ้อยออก และลดการระคายเคืองต่อแรงงานเก็บเกี่ยว แต่มีข้อเสียคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อ้อยมีค่าความหวานที่ต่ำ เกิดตะกอนตกค้างในกระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงานทำให้ต้องเสียค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรเกิดขึ้น ซึ่งปัจจุบันชาวไร่อ้อยมีแนวโน้มเก็บเกี่ยวอ้อยไฟไหม้มากขึ้น เนื่องจากต้องการรอบการส่งที่เร็วขึ้น โดยการเรียกร้องให้โรงงานจัดสรรคิวให้ก่อนด้วยการอ้างเหตุผลว่ามีผู้อื่นมาเผาอ้อยที่ไร่ของตน และหากอ้อยที่เผาแล้วไม่ได้รับการจัดสรรเข้ากระบวนการหีบอ้อยให้เวลาอันควร ค่าความหวานจะมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็ว

2.2.2.2 ประเภทรูปแบบของการตัดอ้อย

1) การตัดแบบลำ คือการตัดจะใช้คนในการตัดทำให้มีความยืดหยุ่นในการตัดโดยสามารถตัดในพื้นที่แคบได้และมีอัตราการสูญเสียน้ำตาลจะต่ำกว่าอ้อยท่อนแต่มีผลเสียคือแรงงานคนตัดจะทำให้เกิดการเมื่อยล้าและระคายเคือง และปัจจุบันแรงงานคนตัดส่วนใหญ่เป็นแรงงานผู้สูงอายุเพราะแรงงานวัยรุ่นหันไปทำงานในโรงงานมากขึ้น

2) การตัดแบบท่อน คือจะใช้รถในการตัดทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้สะดวกรวดเร็วเมื่อมีพื้นที่ในการเก็บเกี่ยวในปริมาณมากแต่มีผลเสียคือในการลงทุนซื้อรถตัดมีต้นทุนที่สูงทำให้ใช้เวลานานถึงจะได้ต้นทุนกลับคืนมา

2.2.3 กิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการขนส่ง ในการขนส่งจะส่งผลโดยตรงกับการรอคิวของรถบรรทุกหน้าลานเทอ้อย อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพความหวานของอ้อยอีกด้วย ซึ่งด้านการขนส่งจะแบ่งออกเป็นดังนี้

2.2.3.1 แบ่งตามประเภทที่ใช้ในการขนส่ง มีดังนี้

1) รถพ่วง การใช้รถพ่วงบรรทุกสิบล้อในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลจะบรรทุกมีน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยอยู่ที่ 25 ตัน ซึ่งจะขนอ้อยได้ปริมาณมากและใช้เวลาในการขนส่งเร็วกว่ารถแทรกเตอร์

2) รถแทรกเตอร์ การใช้รถแทรกเตอร์ลากเทรลเลอร์ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลมีน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยต่อเที่ยววิ่งสูงกว่ารถบรรทุกสิบล้อเล็กน้อย คือเฉลี่ยอยู่ที่ 20 ตัน และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยกว่าการใช้รถบรรทุกสิบล้อในระยะทางที่เท่ากัน แต่ใช้เวลาในการขนส่งอ้อยนานกว่า

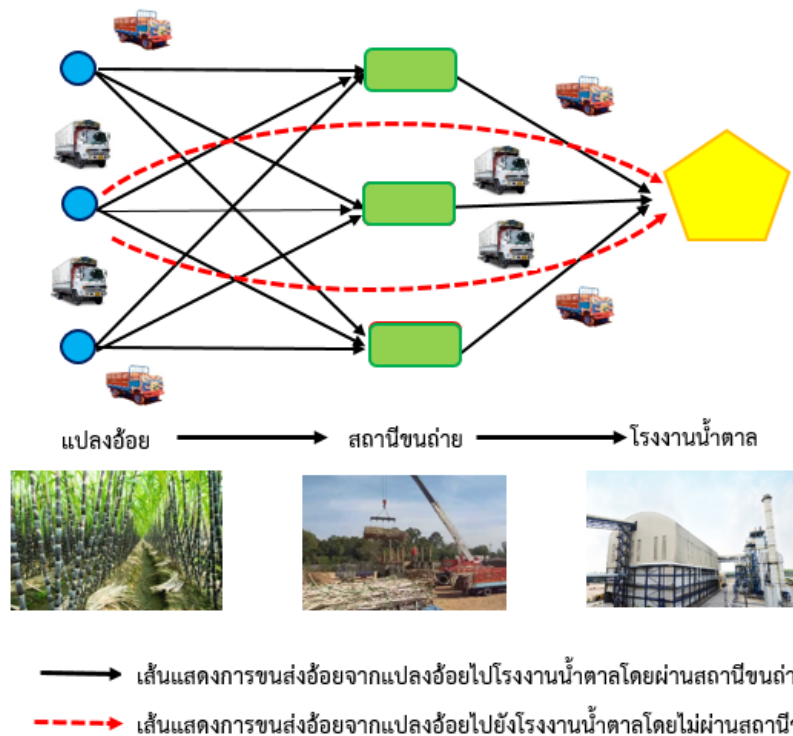
3) รถบรรทุกสิบล้อ การใช้รถบรรทุกสิบล้อในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลมีน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยอยู่ที่ 15 ตัน ซึ่งการขนส่งจะใช้เวลาในการขนส่งเร็วกว่ารถแทรกเตอร์ แต่ค่าใช้จ่ายสูงกว่า

2.2.3.2 แบ่งตามประเภทของกิจกรรมการขนส่ง (ดังรูปที่ 2.3) มีดังนี้

1) การขนส่งอ้อยโดยตรงเข้าโรงงาน ส่วนใหญ่จะใช้รถบรรทุกหรือรถพ่วงขนาดใหญ่ในการขนส่ง เพราะการใช้รถบรรทุกขนส่งในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ต้นทุนการขนส่งลดลง

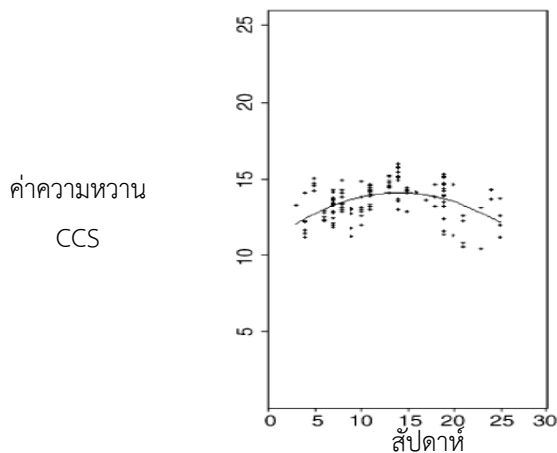
2) การขนส่งอ้อยโดยผ่านสถานีขนถ่ายอ้อย ส่วนใหญ่ชาวไร่อ้อยจะทำการขนส่งอ้อยผ่านสถานีขนถ่ายอ้อยโดยใช้รถขนาดเล็ก เช่น รถอีแต๋น รถอีแต้น เป็นต้น และในการใช้สถานีขนถ่ายอ้อยในแต่ละเที่ยวของการขนส่งของชาวไร่อ้อย

ไม่จำเป็นต้องตัดอ้อยและขนอ้อยขึ้นรถเข้าสถานีขนถ่ายอ้อยในปริมาณที่มาก ดังนั้น การตัดอ้อยและการขนอ้อยขึ้นรถ จึงสามารถใช้แรงงานจำนวนไม่มากนัก และสามารถใช้แรงงานในครอบครัวได้



รูปที่ 2.3 ประเภทการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล

โดยในกระบวนการการเพาะปลูกอ้อยและเก็บเกี่ยวจะมีหลายปัจจัยทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้และมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่เพาะปลูก ได้แก่ ลักษณะดิน ปริมาณน้ำฝน ลักษณะอากาศ เป็นต้น ปัจจัยพื้นฐานเหล่านี้จะสามารถนำไปกำหนดพันธุ์อ้อยที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์นั้นจะมีความต้องการด้านสภาพแวดล้อมและการเจริญเติบโตที่ต่างกันไปจากปัจจัยที่กล่าวมาทั้งในด้านปัจจัยพื้นฐานการเพาะปลูก พันธุ์อ้อยและช่วงเวลาในการเพาะปลูก ล้วนมีผลกระทบต่อค่าความหวานของผลผลิตอ้อยที่ได้ของแต่ละพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลา โดยผลผลิตอ้อยที่ได้มีแนวโน้มของค่าความหวานในช่วงเริ่มเพาะปลูกจะมีค่าน้อย จากนั้นค่าความหวานจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอ้อยเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งจะเป็นช่วงที่อ้อยมีค่าความหวานสูงที่สุด และหากไม่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงนี้ อ้อยจะเริ่มออกดอกและส่งผลให้ค่าความหวานของอ้อยลดลง ดังนั้น การเพาะปลูกอ้อยจะให้ผลผลิตอ้อยที่มีค่าความหวานที่ต่างกันไปตามปัจจัยการเพาะปลูก และสามารถคาดคะเนช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวได้ (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 แนวโน้มของค่าความหวานของอ้อยตามระยะเวลาของการเจริญเติบโต

ที่มา : Jiao et al. (2005)

2.2.4 ด้านการบริหารจัดการหน้าลานเทอ้อย เนื่องจากในแต่ละช่วงเวลาของฤดูการเปิดหีบชาวไร่ต่างทำการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยอย่างต่อเนื่อง ขณะที่โรงงานน้ำตาลมีกำลังการผลิตในแต่ละวันอย่างจำกัด ดังนั้นปัญหาที่ตามมาคือ การรอคอยของรถบรรทุกเพื่อรอนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตจึงเกิดการสะสม และใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งในส่วนของชาวไร่ ที่ไม่สามารถนำรถบรรทุกกลับทำงานในการเก็บเกี่ยวรอบถัดไปได้ รวมถึงโรงงานที่จะเกิดการจราจรหนาแน่นที่หน้าโรงงาน เสี่ยงต่ออุบัติเหตุ และที่สำคัญค่าความหวานของอ้อยที่ถูกตัดแล้ว จะมีอัตราการสูญเสียน้ำตาลที่มากกว่าอ้อยที่ยังไม่ทำการเก็บเกี่ยว ดังนั้นในเบื้องต้นจึงต้องมีการจัดคิวหน้าลานเทอ้อย ให้เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้เกิดความสมดุลระหว่างจำนวนรถที่เข้ามากับลานเทอ้อย ซึ่งจะทำให้เกิดการรอคิวรถที่สั้นลงเพื่อลดการรอคอยของรถบรรทุกหน้าลานเทอ้อย โดยปัจจุบันประเภทคิวที่พบในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูกและช่วงเวลา ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.4.1 ประเภทของคิว

1) คิวล๊อค เป็นคิวที่ทางโรงงานได้กำหนดเวลาการรับอ้อยไว้แน่นอน รถบรรทุกที่จะเข้ามาเทอ้อยหน้าลานนั้นต้อง มาตามเวลาที่กำหนดส่วนมากจะไม่ได้ระบุเวลาแต่ละระบุเป็นวัน ซึ่งรถบรรทุกสามารถมาเวลาไหนก็ได้ แต่ต้องภายในวันที่โรงงานกำหนด ส่วนมากโรงงานที่ใช้ระบบคิวล๊อค จะเป็นโรงงานทางภาคกลางตอนบน ภาคเหนือและภาคอีสาน

2) คิวเสรี เป็นคิวที่อิสระ รถบรรทุกคันไหนมาถึงก่อนสามารถเทอ้อยลงหน้าลานก่อนได้เลย ถ้ามีรถบรรทุกมาพร้อมๆกันก็จะเกิดการรอคิวที่หน้าลานเทอ้อยทำให้เกิดการรอคอย ที่โรงงานที่ใช้ระบบคิวเสรี ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานทางภาคกลาง และภาคตะวันออก

3) คิวผสม เป็นคิวที่มีการเปลี่ยนแปลงการรับอ้อยหน้าลานเท แล้วแต่สถานการณ์ ถ้ากำลังผลิตมีมากกว่า รถบรรทุกที่เข้ามาเทอ้อยจะเปิดเป็นคิวเสรี แต่ถ้ากำลังการผลิตมีน้อยกว่า รถบรรทุกที่เข้ามาเทอ้อยจะเปิดเป็นคิวล๊อค เพื่อที่จะสามารถผลิตอ้อยได้พอดีตามกำลังการผลิตของโรงงาน

ซึ่งนอกจากการจัดสรรคิวแล้ว ปัจจัยหนึ่งที่ค่อนข้างส่งผลกระทบต่อเวลารอคอยที่หน้าลานคือการ จัดสรรแท่นเทอ้อย ซึ่งในการจัดสรรแท่นเทอ้อย จะต้องคำนึงถึงปริมาณรถบรรทุกแต่ละประเภทที่จะเข้ามา โดยจะต้องจัดสรรให้เหมาะสมกับจำนวนแท่นเทอ้อยที่โรงงานมี โดยในงานวิจัยอาจมีการเพิ่มแท่นเทอ้อยเพื่อให้กระบวนการทำงานในการผลิตน้ำตาลมีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมไปถึงปริมาณอ้อยที่โรงงานสามารถรองรับในการผลิตแต่ละครั้ง โดยเริ่มตั้งแต่การชั่งน้ำหนัก จากนั้นอ้อยจะ

ถูกเพลิงบนสะพานอ้อยบริเวณแท่นเทและลงสู่สายพานลำเลียง สู่เครื่องตีและเครื่องสับเตรียมผลิตน้ำตาลต่อไป ดังนั้นการจัดสรรแท่นเทอ้อยถือว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการผลิต จึงจะต้องมีการจัดลำดับอย่างเป็นขั้นตอน และตรวจสอบแก้ไขอยู่เสมอ

2.2.4.2 การเลือกใช้ประเภทคิวให้เหมาะสมกับช่วงเวลา

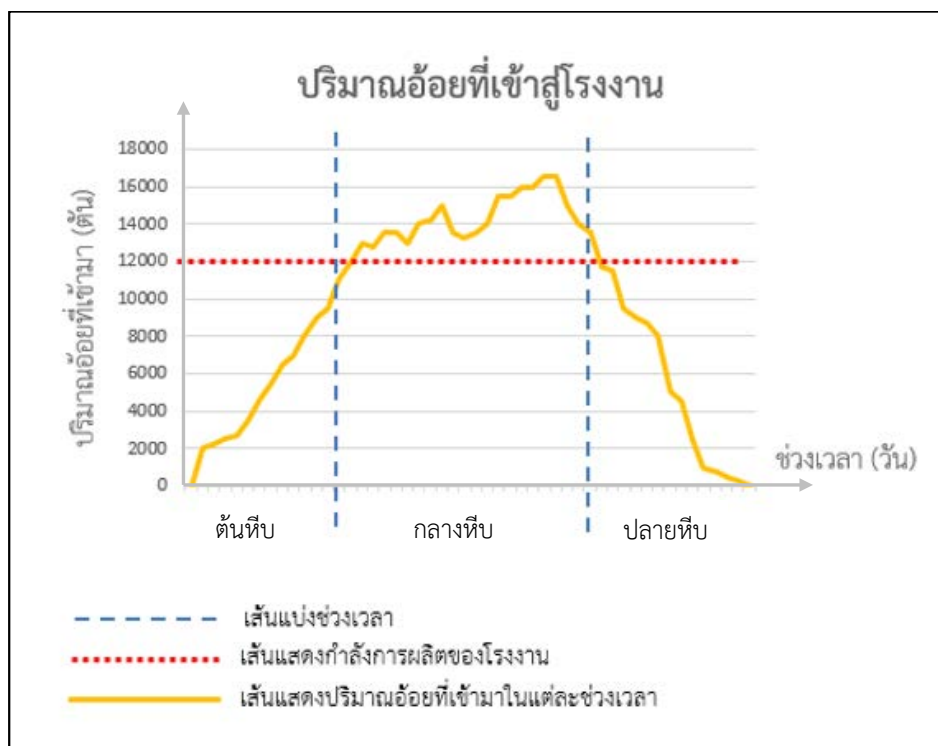
ฤดูหีบอ้อย หมายถึง ระยะเวลาการดำเนินการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งโดยปกติแล้วฤดูหีบอ้อยจะเริ่มตั้งแต่ต้นเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อ้อยเริ่มทำการเก็บเกี่ยวได้ ไปจนถึงปลายเดือนมีนาคมหรือเดือนเมษายน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอ้อยในปีนั้นๆ ซึ่งในฤดูหีบอ้อยสามารถแบ่งได้ 3 ช่วงคือ

1) ช่วงต้นฤดูเปิดหีบ ควรใช้ระบบคิวเสรี เพราะจะขาดแคลนอ้อยที่หน้าลานอย่างมากและไม่เพียงพอต่อการผลิตของโรงงาน เนื่องจากเกิดปัญหา ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยซ้อนทับกับการเกี่ยวข้าว และอ้อยที่เพิ่งเติบโตเต็มที่ที่ยังให้น้ำตาลไม่ได้มากเท่าที่ควร อ้อยบางแปลงอาจจะยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และช่วงเวลานี้เป็นฤดูปลายฝนต้นหนาวแปลงอ้อยส่วนใหญ่ไม่สามารถทำการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยได้ เนื่องจากปัญหาหาคนที่ทำให้รถตัดอ้อยไม่สามารถเข้าแปลงได้ ดังนั้นการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในช่วงต้นหีบนี้อาจใช้กฎ First Come First Serve ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมจะเรียกว่า “ระบบคิวเสรี”

2) ช่วงกลางฤดูเปิดหีบ ควรใช้ระบบคิวล๊อค เนื่องจากช่วงกลางหีบนั้น เป็นช่วงที่อ้อยเจริญเติบโตเต็มที่ ปริมาณอ้อยมีมากและ แรงงานตัดอ้อยก็มีความพร้อมที่จะทำการเก็บเกี่ยวและมีจำนวนแรงงานมาก ซึ่งช่วงนี้โดยทั่วไปปริมาณการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานจะมีปริมาณมากกว่ากำลังการผลิต เพื่อให้การบริหารจัดการวัตถุดิบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานจำเป็นต้องจัดระบบคิวในช่วงกลางหีบ โดยใช้ระบบที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งโดยส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ “ระบบคิวล๊อค” นั่นคือ แต่ละโควตาจะถูกกำหนดปริมาณ ความถี่ และเวลาในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

3) ช่วงท้ายฤดูการเปิดหีบ ควรใช้ระบบคิวผสม เพราะเป็นช่วงเวลาที่อ้อยเริ่มจะหมด หากแปลงอ้อยใดไม่ทำการเก็บเกี่ยวจะทำให้อ้อยเริ่มออกดอก และค่าความหวานของอ้อยก็จะลดลงมีผลต่อราคาการรับซื้ออ้อยที่ต่ำลง ในฤดูปลายหีบนี้นี้ ส่วนใหญ่เกษตรกรจะประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานเนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่เริ่มมีความเมื่อยล้าจากการเก็บเกี่ยวมาตั้งแต่ต้นหีบ ประกอบกับอากาศในช่วงนี้จะร้อนจากการมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในบางพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้ง และฝนตกทำให้เกิดปัญหาในการขนส่ง ซึ่งจะทำให้มีการขนส่งอ้อยหน้าลานมีไม่เพียงพอต่อการผลิตของโรงงาน แต่ในบางพื้นที่จะไม่ประสบปัญหาอะไรเลย ทำให้การขนส่งมีความสะดวก ซึ่งจะทำให้มีการขนส่งอ้อยมาหน้าลานมากกว่ากำลังการผลิตของโรงงาน ดังนั้นช่วงท้ายฤดูจึงต้องมีการจัดคิวตามความเหมาะสม ไม่สามารถที่จะกำหนดแบบที่ตายตัวได้

โดยในการจัดลำดับคิว เพื่อให้การจัดส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในลักษณะของการรอคอยของรถบรรทุกที่หน้าลานสั้น ระยะเวลาในการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเร็ว และการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานอย่างต่อเนื่องและเหมาะสมกับกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานจำเป็นต้องกำหนดระบบการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานให้กับเกษตรกรแต่ละโควตาให้มีความยุติธรรมเกิดขึ้น โดยโควตาใดที่มีปริมาณอ้อยมาก โควตานี้จะได้รับบัตรคิวในการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานจำนวนมาก ซึ่งการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานปริมาณมากนี้ ย่อมหมายถึงการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในความถี่ที่สูง ซึ่งในการจัดลำดับคิวอ้อยในปัจจุบันนั้น เรียกว่าระบบ “คิวล๊อค” โดยปกติแล้วการจัดระบบ คิวล๊อคนี้ จะกำหนดในช่วงกลางหีบ ส่วน “ระบบคิวเสรี” จะใช้ในช่วงต้นหีบ และจะกำหนด “ระบบคิวผสม” ในช่วงฤดูปลายหีบ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ปริมาณอ้อยที่เข้าสู่โรงงานในช่วงฤดูต้นหีบ กลางหีบ และปลายหีบ

จากกิจกรรมทั้ง 4 กิจกรรม คือ กระบวนการเพาะปลูก กระบวนการเก็บเกี่ยว กระบวนการรวบรวมและขนส่ง และการจัดการหน้าลาน จะเห็นได้ว่า ถ้ากิจกรรมการเก็บเกี่ยวและกิจกรรมการขนส่งมีการจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้กิจกรรมการจัดสรรหน้าลานเกิดการรอคิวและส่งผลให้เกษตรกรเผาอ้อยเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อค่าความหวานของอ้อยลดลงและเกิดตะกอนตกค้างในกระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงาน

2.3 การหาคำตอบที่เหมาะสม

การหาคำตอบที่เหมาะสมสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีดั้งเดิม (Conventional optimization algorithm) และวิธีการหาคำตอบแบบการประมาณ (Approximation optimization algorithm) (Nagar et al., 1995)

- (1) แนวคิดวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยอาศัยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical)

วิธีการแก้ปัญหา โดยใช้หลักการรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ถูกพัฒนาขึ้นในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนทางทหาร วิธีการแก้ปัญหาแบบนี้ได้ถูก นำไปใช้แก้ปัญหาในด้านอื่นๆมากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาในการจัดการตาราง (Scheduling problems) ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment problem) รวมไปถึงปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem) ด้วย ซึ่งวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเซลล์การผลิตนั้น มีอยู่ 4 วิธีได้แก่ Dynamic programming, Linear programming, Goal programming, และ Linear and quadratic integer programming อย่างไรก็ตาม วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์

นั้นจะเหมาะสมกับปัญหามิติขนาดเล็กเท่านั้นเนื่องมาจากข้อจำกัดและกฎเกณฑ์ในการหาคำตอบ (Enumerative search) ซึ่งเมื่อนำวิธีการเหล่านี้ไปแก้ไขปัญหามิติขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น ต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่นานมากขึ้นเป็นทวีคูณ

(2) แนวคิดวิธีการหาคำตอบที่ดี โดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation optimization algorithm)

สำหรับปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์จะเหมาะสมสำหรับแก้ปัญหาที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากมากในการที่จะหาคำตอบที่มีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะว่าเป็นปัญหาแบบเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard problems) ขณะที่ขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่นานมากขึ้นหลายเท่าตัว ดังนั้นจึงมีวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการของการประมาณเกิดขึ้น เพื่อจัดการกับปัญหาลักษณะเช่นนี้โดยตรง ซึ่งวิธีการในกลุ่มนี้จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนสูงๆได้ (Pongcharoen et al., 2001)

เมตะฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) เป็นสาขาหนึ่งของการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการของการประมาณและประสบความสำเร็จอย่างมาก มีความรวดเร็วในการประมวลผลในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงๆ เช่น ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem) วิธีการต่างๆในกลุ่มของเมตะฮิวริสติก เช่น วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated annealing: SA) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Taboo search: TS) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network: NN) วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution: DE) และแอนท์โคโลนีออปติไมเซชัน (Ant colony optimization: ACO) (Pongcharoen et al., 2001) โดยวิธีการเหล่านี้จะได้ผลเฉลยที่ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุดแต่จะได้เป็นกลุ่มของคำตอบ กระบวนการทำงานจะวนซ้ำแล้วจะหยุดทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนดไว้ ตัวอย่างขั้นตอนวิธีเหล่านี้ เช่น ACO TS SA GA DE และวิธีการแบบผสมผสาน (Hybrid approaches) ซึ่งแต่ละวิธีจะมีกลยุทธ์ในการค้นหาผลเฉลยที่แตกต่างกันออกไป (กาญจนา เศรษฐนันท์, 2558)

2.4 การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่ใช้จำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบต่างๆมาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต (Kelton, et al., 2010) การจำลองสถานการณ์ เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real system) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริงภายใต้ข้อกำหนดต่างๆที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ไขปัญหามิติในสถานการณ์ของระบบจริง เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และระยะเวลา

ในปัจจุบันนี้การจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมในโรงงาน การขนส่ง การกระจายสินค้า หรือแม้กระทั่งการให้บริการทางธุรกิจต่างๆ เช่น ธนาคาร โรงพยาบาล เป็นต้น (Kelton, et al., 2010)

(1) การจำแนกประเภทของการจำลองสถานการณ์ (Simulation classification) Kelton, et al. (2010) ได้จำแนกประเภทของสถานการณ์จำลองตามการใช้งาน โดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ (Status system) ซึ่งจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

(1.1) ระบบแบบสถิตและแบบเชิงพลวัต (Static and Dynamics)

- ระบบแบบสถิต (Static) คือ การเกิดของเหตุการณ์ในระบบการทำงานที่คงที่กับเวลาเสมอ หรือไม่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น Monte carlo simulation การจำลองของสถานการณ์ความน่าเชื่อถือของระบบ (Simulation of reliability systems) เป็นต้น

- ระบบแบบเชิงพลวัต (Dynamic) คือ การเปลี่ยนแปลงของเวลาจะมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อเหตุการณ์ต่างๆหรือตัวแปรที่กำลังสนใจ หรือระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพเกี่ยวข้องกับเวลา หรือเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เช่น การจำลองระบบแถวคอย เป็นต้น

(1.2) ระบบแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง(Continuous and Discrete)

- ระบบแบบต่อเนื่อง (Continuous) คือ สภาวะการณ์ของระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น การจำลองสถานการณ์ของระดับน้ำภายในเขื่อน ซึ่งระดับน้ำจะต้องมีการเพิ่มหรือลดตลอดเวลา อันเนื่องมาจากการเปิดปิดการระบายน้ำและปริมาณน้ำฝน ณ เวลานั้นๆ ระบบการจราจรบนท้องถนน ระบบฝาก-ถอน ATM เป็นต้น

- ระบบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) คือ สภาวะการณ์ของระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ณ จุดหนึ่งจุดใดของเวลา โดยมีความน่าจะเป็น (Probability) เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ระบบการทำงานของธนาคารที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพระหว่างเวลา 8.30-16.30 น. การจำลองสถานการณ์ของท่าเรือ การมาของเรือที่ท่าเรือ การเริ่มขนถ่ายสินค้า การขนถ่ายสินค้าเสร็จ เป็นต้น

(1.3) ระบบแบบแน่นอนและแบบไม่แน่นอน (Deterministic and Stochastic)

- ระบบแบบแน่นอน (Deterministic) คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน และได้มีการกำหนดเวลาที่แน่นอน หรือระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบใหม่ สามารถบอกได้แน่นอนว่าเป็นอย่างไรหรือตัวแปรที่ไม่มีการป้อนข้อมูลแบบสุ่ม จะเป็นแบบไม่มีความเสี่ยงหรือความแปรปรวนเลย ทุกอย่างเกิดขึ้นในปริมาณที่แน่นอน เช่น ตัวแบบทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายหรือค่าใช้จ่ายเป็นไปตามประมาณการ ดังนั้นกำไรในแต่ละเดือนหรือปลายปีจะเป็นตัวเลขเป็นค่าประมาณการ เป็นต้น

- ระบบแบบไม่แน่นอน (Stochastic) คือ เวลาจะมีผลกระทบมาจากความน่าจะเป็นหรือความแปรปรวนจากการมาของเวลาที่ไม่วางที่ หรือระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบที่ไม่สามารถบอกได้ว่าเกิดอะไรขึ้น หรือเป็นการใช้ตัวแปรป้อนเข้าที่มีความแปรปรวนหรือความเสี่ยง เช่น ตัวแบบงบประมาณทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายหรือค่าใช้จ่ายมีคุณลักษณะแบบมีการแจกแจง ดังนั้นกำไรในแต่ละเดือนหรือปลายปีจะมีค่าไม่แน่นอน แต่อย่างไรก็ดีการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบนี้ก็สามารถประเมินค่าความเสี่ยงเป็นตัวเลขได้ เช่น โอกาสที่บริษัทจะได้กำไรร้อยละ 40 เป็นต้น

(2) กระบวนการการศึกษาการจำลองสถานการณ์ โดยอาศัยตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้น ตัวแบบต้องทำงานได้เสมือนระบบงานจริง กระบวนการในการศึกษาแบบจำลอง (รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ, 2553) แสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(2.1) การกำหนดลักษณะของปัญหา (Problem formulation)

(2.2) การสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ (Model building) โดยการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาให้ชัดเจน

(2.3) การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection) เพื่อนำข้อมูลจากระบบงานจริงเหล่านั้นมาเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ของแบบจำลอง

(2.4) การสร้างตัวแบบจำลองที่จำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Coding)

(2.5) การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Validation) โดยเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

(2.6) การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verification)

(2.7) การวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องสามารถนำมาวิเคราะห์ระบบได้ (Experimental design)

(2.8) การดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้ (Production runs)

(2.9) การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากตัวแบบจำลอง (Analysis of results) รวมทั้งวิเคราะห์วิธีปรับปรุงตัวแบบจำลอง เมื่อระบบจริงมีการเปลี่ยนแปลง

(2.10) การจัดทำเอกสารแสดงผลที่ได้จากการจำลอง (Document program and report results)

(2.11) การนำผลสำเร็จที่ดีที่สุดที่ได้จากตัวแบบจำลองไปใช้งาน (The best case selection and implementation)

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กลุ่ม Simulation languages ที่ชื่อว่า Arena มาใช้สร้างสถานการณ์จำลอง เนื่องจากระบบที่ทำการศึกษามีความซับซ้อนและมีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องหลายปัจจัย จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมกลุ่ม Simulation languages ที่มีความยืดหยุ่นมากกว่าซึ่ง Arena เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่พัฒนามาจากโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า SIMAN เพื่อช่วยในการจำลองสถานการณ์ และหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาระบบต่างๆ อาทิ การหาแนวทางการปรับปรุงรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน แนวทางในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น โดยทั้งหมดจะเป็นการออกแบบและสร้างโมเดลที่คำนวณมาจากคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น (Kelton, et al., 2010)

2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกระบวนการจัดการวัตถุดิบหรืออ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิต ที่มีต้นทุนการดำเนินการที่สูงกว่ากระบวนการอื่น รวมทั้งเพื่อให้เกิดความเข้าใจและทราบถึงแนวทางในการแก้ปัญหาของงานศึกษานี้ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาค้นคว้าทั้งในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่จะเป็นประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการวิจัยในครั้งนี้

1) การจัดการด้านโลจิสติกส์ขาออก ซึ่งก็คือกระบวนการหลังจากที่โรงงานน้ำตาลผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลออกมา และเข้าสู่กระบวนการจัดเก็บในคลังเพื่อกระจายสินค้าไปยังลูกค้าต่อไป เช่น ในงานของ Higgins et al. (2006) ที่ได้รับนำเสนอการพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลแต่ละประเภทของประเทศออสเตรเลียให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดต้นทุนในการผลิต (Production) และการส่งออก (Shipping) ที่ต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามภายใต้ความไม่แน่นอนของอัตราการผลิตและความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้ต้องมีการปรับตารางการผลิตใหม่ (Rescheduling) ซึ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น จึงได้นำวิธีการทาบูเซิร์ช (Tabu search: TS) และวิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าวิธีทั้งสองมีประสิทธิภาพการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกัน และให้ผลคำตอบที่ดีกว่าวิธีพื้นฐานเดิมที่ใช้วิธีการค้นแบบสืบเชื้อสาย (Descent Local Search: DLS) รวมทั้งมีผลให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและการส่งออกถึงปีละ 4 ล้านบาทหรือออสเตรเลีย นอกจากนี้ในกระบวนการก่อนการส่งออกหรือขั้นตอนในการรวบรวมผลิตภัณฑ์น้ำตาลมาไว้ยังคลังกลาง (Export Warehouse) เพื่อจัดสรรว่า

โรงงานน้ำตาลจะส่งผลิตภัณฑ์เพื่อเตรียมการส่งออกที่คลังกลาง และจากคลังกลางจะกระจายสินค้าลงเรือเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศที่ทำเรือใด ถูกนำเสนอโดย Chiadamrong & Kawtummachai (2008) ด้วยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดต้นทุนการขนส่ง การคงคลังสินค้า ค่าปรับในการส่งมอบสินค้าช้า และต้นทุนในการขนถ่ายสินค้าที่ต่ำที่สุด รวมทั้งให้มีการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) และพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ (Graphic User Interface: GUI) เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน

2) การจัดการด้านโลจิสติกส์ในกระบวนการผลิต งานวิจัยในส่วนนี้จะเป็นเรื่องของวางแผนการผลิต (Production Planning) มากกว่าการศึกษาด้านเทคนิคการผลิต เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิหรือความดันของเครื่องจักร ซึ่งในการวางแผนการผลิตจะเป็นการพิจารณาร่วมกันระหว่างปริมาณวัตถุดิบที่จะเข้ามา ทรัพยากรทั้งด้านแรงงาน ประเภทการขนส่ง คงคลังสินค้าของโรงงาน และกำลังการผลิตน้ำตาล รวมทั้งความต้องการผลิตภัณฑ์น้ำตาลแต่ละชนิดในแต่ละคาบเวลา เพื่อให้เกิดต้นทุนด้านการผลิตที่ต่ำที่สุด ซึ่งถือเป็นส่วนของการดำเนินการในระดับเชิงกลยุทธ์ (Strategic Planning) และเชิงกลวิธี (Tactical Planning) ที่ผู้วางแผน (Planner) จะอยู่ในส่วนของโรงงานน้ำตาลเป็นหลัก จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่านิยมใช้การพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา เช่น งานของ Kosin et al. (2011) ได้มีการประยุกต์ใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มผสม (Mixed-Integer Programming: MIP) ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดและวิธีในเวกเตอร์คอมโพสิชัน (Novel Decomposition) เพื่อลดเวลาในการคำนวณและได้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (Near Optimal Solution) เพื่อการวางแผนการผลิตของโรงงานน้ำตาลในอาร์เจนตินาในหลายๆ พื้นที่ ให้สอดคล้องกับวัตถุดิบ และชนิดผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในแต่ละคาบเวลา เพื่อทำการผลิตให้ตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ก่อนที่จะนำไปจัดเก็บที่คลังสินค้าต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) มากที่สุด รวมทั้งรองรับการวางแผนในการขยายและก่อตั้งคลังสินค้าเพิ่มเพื่อรองรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถือเป็นการเชื่อมโยงระหว่างโลจิสติกส์กระบวนการผลิตและโลจิสติกส์ขาออก และในปีที่ผ่านมา da Silva et al. (2013) ได้นำรูปแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเป้าหมายแบบหลายทางเลือก (Multi-choice Mixed Integer Goal Programming) มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Production Planning) ของโรงงานน้ำตาลและเอทานอลในประเทศบราซิล ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การเลือกแหล่งที่มาของวัตถุดิบ ผู้ให้บริการขนส่ง จนมาถึงการวางแผนผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท เพื่อส่งจัดเก็บยังคลังสินค้าแต่ละแห่ง โดยมีกำหนดเป้าหมาย (Goal) ในด้านต้นทุนคงคลังสินค้า ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนด้านการจัดหาวัตถุดิบ ต้นทุนการผลิต ให้มีค่าต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้มากที่สุด ขณะที่ให้เกิดผลผลิตน้ำตาลประเภทต่างๆ และพลังงาน ให้มากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้มากที่สุด ทั้งนี้เมื่อพิจารณารวมกันแล้วคือให้เกิดค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรตัดสินใจที่ต่ำที่สุด นอกจากงานวิจัยด้านการวางแผนการผลิตยังมีงานวิจัยเพื่อศึกษาระบบตอบแทนในการซื้ออ้อยตามคุณภาพ เพื่อจูงใจให้ชาวไร่อ้อยส่งอ้อยที่มีคุณภาพเข้าโรงงานน้ำตาลมากขึ้น ดังในงานของ Lejars et al. (2011)

3) การจัดการด้านโลจิสติกส์ขาเข้า เป็นส่วนขอบเขตการศึกษาที่มีนักวิจัยให้ความสนใจและนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาที่มากที่สุด เนื่องจากถือเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและมีผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก โดยในงานศึกษาต่างๆ มีตั้งแต่งานวิจัยเพื่อการวางแผนการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การรวบรวมและขนส่ง รวมทั้งการบูรณาการกระบวนการต่างๆ เพื่อให้เกิดการพิจารณาร่วมกัน รายละเอียดดังต่อไปนี้

- กระบวนการเพาะปลูก การเพาะปลูกถือเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตน้ำตาลรวมที่จะได้จากกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาล เนื่องจากหากทำการเพาะปลูกให้ได้อ้อยที่มีคุณภาพ จะสามารถแปรรูปเป็นปริมาณต้นน้ำตาลต่อตันอ้อยได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดรายได้รวมของระบบที่สูงขึ้น โดยในงานวิจัยของ Jackson (2005) ชี้ให้เห็นว่าหากมีการเพิ่มผลผลิตตันอ้อยต่อพื้นที่เพาะปลูกและการเพิ่มขึ้นของค่าความหวานต่อตันอ้อยที่มากขึ้น จะส่งผลให้รายได้รวมของทั้งระบบเพิ่มขึ้น ซึ่ง Jackson ได้เปรียบเทียบข้อมูลในอดีตของพื้นที่เพาะปลูกในเขตต่างๆ ของประเทศออสเตรเลีย พบว่าหากสามารถจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตต้น

อ้อยต่อพื้นที่เพาะปลูกและค่าความหวาน (Commercoal Cane Sugar: CCS) ต่อดันอ้อย เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 จากข้อมูลเดิม จะส่งผลให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นถึง 7-14.7 และ 11.1-23.4 ล้านบาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นจะอยู่ที่เกษตรกรมากกว่าโรงงาน จากข้อมูลนี้ทำให้ทราบว่า การเพิ่มค่าความหวานต่อดันอ้อยที่มากขึ้นจะมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มผลกำไรรวมของระบบมากกว่าการเพิ่มขึ้นของผลผลิตตันอ้อยต่อพื้นที่เพาะปลูก โดยแนวทางหนึ่งที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตตันอ้อยต่อพื้นที่เพาะปลูกและค่าความหวานต่อดันอ้อยคือการพัฒนาพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมและพื้นที่เพาะปลูก รวมทั้งการพัฒนาสายพันธุ์อ้อยจากรุ่นพ่อแม่ (Parent Breeding) ให้ได้อ้อยที่มีค่าความหวานและผลผลิตตันอ้อยที่มากขึ้น (Lingle, 2009)

- กระบวนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากสินค้าเกษตรมีลักษณะที่แตกต่างจากสินค้าในภาคอุตสาหกรรมในด้านที่สามารถเน่าเสียตามช่วงเวลาได้ ซึ่งอ้อยเมื่อถูกเก็บเกี่ยวแล้วหากไม่นำเข้ากระบวนการผลิตภายใน 15 วัน อ้อยเหล่านั้นจะมีน้ำตาลสะสมลดลงจนในที่สุดไม่สามารถแปรรูปเป็นน้ำตาลได้และต้องทิ้งไป (Semenzato et al., 1995) ดังนั้นการจัดการการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดีต้องให้อ้อยที่เก็บเกี่ยวแล้วมีเวลาในการรอคอยก่อนนำเข้ากระบวนการผลิตน้อยที่สุด และเช่นเดียวกับกระบวนการการเพาะปลูกอ้อย การที่จะเพิ่มผลกำไรรวมของระบบได้ทางหนึ่งคือการบริหารจัดการเพื่อให้ได้วัตถุดิบหรืออ้อยที่มีคุณภาพโดยเฉพาะมีค่าความหวานต่อดันอ้อยที่มากขึ้น เพราะแม้จะมีการพัฒนาพันธุ์อ้อยที่ดีให้สามารถสะสมองค์ประกอบน้ำตาลได้มาก แต่อย่างไรก็ตามค่าความหวานของอ้อยจะแปรผันตรงกับอายุและพันธุ์อ้อย ประเภทอ้อย (อ้อยปลูกใหม่หรืออ้อยต่อ) รวมทั้งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ (Muchow et al., 1998) โดยการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดีควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่อ้อยสุกเต็มที่หรือมีการสะสมน้ำตาลสูงสุด (Higgins et al., 1998) แต่ไม่สามารถทำเช่นนั้นเนื่องจากข้อจำกัดของทรัพยากรและกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งถือเป็นการวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operational Planning) เช่น ในงานของ Stray et al. (2012) ที่ได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็ม (Integer programming: IP) เพื่อการจัดลำดับเส้นทางการเก็บเกี่ยวระหว่างแปลงอ้อยในแต่ละคาบเวลาให้สอดคล้องกับสัญญาต้นที่ชาวไร่ทำไว้กับโรงงานเพื่อให้ได้กำไรจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีผลผลิตน้ำตาลรวมมากที่สุด จากข้อจำกัดที่รูปแบบทางคณิตศาสตร์สามารถรองรับขนาดปัญหาได้เพียง 8 แปลกอ้อย และ 21 คาบเวลา ดังนั้นวิธี TS จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ในงานของ Stray et al. (2012) ไม่ได้พิจารณาต้นทุนในการเดินทางเก็บเกี่ยวร่วมด้วยเช่นเดียวกับงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา (Higgins et al., 1998; Piewthongngam et al., 2009) ดังนั้นในปีที่ผ่านมา Jena & Poggi (2013) จึงได้นำเสนอ MIP และวิธีการทางฮิวริสติกส์ ใช้ในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวทั้งที่ใช้แรงงานคนและรถตัด ที่มีวัตถุประสงค์เป้าหมายเพื่อให้เกิดกำไรจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีผลผลิตน้ำตาลสูงที่หักต้นทุนการขนส่งและการผลิตของโรงงาน รวมทั้งต้นทุนในการเคลื่อนย้ายรถตัดและเปลี่ยนตำแหน่งกลุ่มแรงงานคน

- กระบวนการรวบรวมและการขนส่ง สำหรับรูปแบบการรวบรวมและขนส่งอ้อยจะใช้แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศผู้ผลิตอ้อย ซึ่งรูปแบบที่พบมากคือการขนส่งทางบกที่มีทั้งขนส่งทางถนนและระบบราง สำหรับประเทศไทยใช้การขนส่งอ้อยผ่านทางถนนเป็นหลัก (Chetthamrongchai, 2001) ทำให้ต้องแบกรับต้นทุนที่ค่อนข้างสูงกว่าประเทศผู้ผลิตอื่นที่มีการนำระบบรางมาใช้ อย่าง ออสเตรเลียหรือบราซิล แต่อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่ระบบรางเข้าไม่ถึงหรือการขนส่งเพื่อเชื่อมโยงการหน้าแปลงมายังรางเท หรือจากรางมายังโรงงาน ทำให้ยังต้องพึ่งพาการขนส่งทางถนนอยู่ เช่นในออสเตรเลีย Higgins (2006) ได้นำเสนอ MIP และวิธี TS และการค้นหาแบบเฉพาะที่แบบ VNS มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการเดินทางจากโรงงานน้ำตาลมาเพื่อรับลูกพ่วง (Trailers) ที่รับอ้อยจากรถตัดจนเต็มพ่วงเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลต่อไป ส่วนด้านการรวบรวมวัตถุดิบหรืออ้อยเนื่องจากการเติบโตของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายที่มากขึ้น ทำให้พื้นที่เพาะปลูกอ้อยกระจายตัวและอยู่ห่างไกลจากโรงงานน้ำตาลมากขึ้น ประกอบกับการแข่งขันภายในประเทศและกลยุทธ์เพื่อนำอ้อยเข้าโรงงานทำให้ในหลายประเทศนำแนวทางการสร้างจุดรวบรวมอ้อยเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรที่อยู่ห่างไกลสามารถส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลได้สะดวกขึ้น ซึ่งในส่วนของประเทศที่ใช้ระบบรางอย่างออสเตรเลียที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้รถตัดในการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยอ้อยจะถูกส่งผ่านสายพานลง

ไปยังกล่องรับ (Bins) จนเต็มจากนั้นจะมีหัวลาก (Locomotive) ขนกล่องรับเหล่านี้มายังจุดรวบรวมที่ตั้งอยู่ข้างรางรถไฟ (Sidings) เพื่อรอการขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลต่อไป ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรทั้งรถตัด กล่องรับ หัวลากที่คุ้มค่าและมีจำนวนน้อยที่สุด หรือการหาที่ตั้งจุดรวบรวมที่เหมาะสม ภายใต้เงื่อนไขเป้าหมายและแนวทางการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน (Higgins & Postma, 2004; Higgins & Davies, 2005; Masoud et al., 2011) สำหรับประเทศไทยแม้ยังไม่มีมีการนำระบบรางมาใช้ในการขนส่งอ้อย แต่ด้วยแนวคิดเดียวกัน จึงได้มีการพัฒนาการสร้างจุดรวบรวมอ้อยที่เรียกว่าสถานีขนถ่ายขึ้น โดยการลงทุนและบริหารจัดการของโรงงานน้ำตาลที่ให้เกษตรกรรายเล็กสามารถใช้รถขนส่งขนาดเล็กขนส่งอ้อยจากแปลงมายังสถานีขนถ่าย เพื่อขนถ่ายลงรถพ่วงแล้วขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลต่อไป ซึ่งจะเกิดความคุ้มค่าต่อหน่วยการขนส่งมากกว่าการขนส่งไปยังโรงงานเองโดยตรง (Chetthamrongchai, 2001) แต่อย่างไรก็ตามยังขาดเครื่องมือในการตัดสินใจในการวางแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อหาที่ตั้งของสถานีขนถ่าย และการจัดสรรอ้อยมายังแต่ละสถานีที่เหมาะสม รวมทั้งการจัดสรรอุปกรณ์ขนถ่ายให้สามารถรองรับปริมาณอ้อยที่จะเข้ามาได้อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงได้มีการวิจัยเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว ดังเสนอไว้ในบทความวิจัยของ Neungmatcha et al. (2013) และ Khamjan et al. (2013)

- กระบวนการจัดการหน้าลาน จากการที่กระบวนการผลิตน้ำตาลเป็นระบบต่อเนื่องที่ต้องนำเข้าอ้อยอย่างสม่ำเสมอ และเพื่อให้คุ้มค่าต่อหน่วยการผลิตมากที่สุด ดังนั้นโรงงานน้ำตาลจึงจัดพื้นที่หรือที่เรียกว่าลานอ้อย (Mill Yard) เพื่อให้รถบรรทุกของเกษตรกรมาจอดรอเพื่อเทอ้อยลงรางรถไฟทันทีหากแท่นยก (Dumpry) ว่าง ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงที่อ้อยจะเข้าสู่การผลิตไม่ต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากเกษตรกรแต่ละรายต่างก็ต้องการเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าโรงงานในช่วงที่อ้อยสุกเต็มที่ที่สุด หรือต้องการรีบเก็บเกี่ยวเพื่อลดความเสี่ยงของภัยธรรมชาติ และต้องการได้เงินเพื่อใช้หมุนเวียนต่อไป ซึ่งขัดต่อเงื่อนไขของจำนวนแท่นยก อุปกรณ์ขนถ่าย และกำลังการผลิตของโรงงานต่อวันที่มีอยู่จำกัด เป็นผลให้เกิดจำนวนรถรอคอยหน้าลานจำนวนมาก รวมทั้งความสูญเสียที่เกิดจากอ้อยที่เก็บเกี่ยวอ้อยจะมีค่าความหวานลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องมีการบริหารจัดการหน้าลานที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความสูญเสียและเวลาการรอคอยที่ต่ำลง เช่นในงานของ Iannoni & Morabito (2006) ที่ได้ศึกษาเวลาการรอคอยหน้าลานด้วยการจำลองสถานการณ์ และทำการวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนรถบรรทุกที่จะเข้ามาส่งอ้อยและรอหน้าลานที่เหมาะสม

- การบูรณาการ จากบทความวิจัยที่กล่าวในข้างต้น ส่วนใหญ่จะเน้นพิจารณาแบบแยกส่วน ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากร เช่น แรงงาน เครื่องจักร หรือรถบรรทุกขนส่งได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ (Higgins et al., 2004) รวมทั้งได้ผลเฉลยและแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้อาจไม่สามารถเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่อุปทานได้ดีไม่เท่าการพิจารณาแบบบูรณาการหลายส่วนเข้าด้วยกัน (Higgins et al., 2007) ซึ่งเห็นได้จากบทความวิจัยในช่วงสิบปีที่ผ่านมาที่จะนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเชิงบูรณาการ ด้วยการพิจารณากิจกรรมโลจิสติกส์หลายส่วนร่วมกัน เช่น การพิจารณากระบวนการเพาะปลูกร่วมกับกระบวนการเก็บเกี่ยวในงานของ Grunow et al. (2007) และ Piewthongngam et al. (2009) ทั้งนี้เพื่อวางแผนการเพาะปลูกพันธุ์อ้อยในแต่ละพื้นที่ให้สอดคล้องกับช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวภายใต้ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล การพิจารณากระบวนการเก็บเกี่ยวร่วมกับกระบวนการรวบรวมและขนส่งในงานของ Higgins & Laredo (2006) และ Milan et al. (2006) เพื่อการจัดทรัพยากรด้านการเก็บเกี่ยว เช่น แรงงาน รถตัด อุปกรณ์ขนถ่าย ให้สอดคล้องกับจำนวนและกำลังขนส่งของบรรทุก รวมทั้งสอดคล้องกับความต้องการของโรงงานน้ำตาล นอกจากนี้เพื่อใช้สามารถแก้ปัญหาได้ทันต่อเวลา Lopez-Milan & Pla-Aragones (in press) จึงได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจให้แก่เกษตรกรและโรงงานน้ำตาลได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การที่จะทำการบูรณาการระบบที่มีประสิทธิภาพได้ ต้องมีข้อมูลสารสนเทศที่เพียงพอและถูกต้องรองรับ เช่นใน ด้านการวางแผนเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวที่ดี ต้องมีข้อมูลด้านค่าความหวานและการเติบโตของอ้อย และข้อมูลทางสถิติอื่นๆ เพื่อทำการวางแผนให้สอดคล้องกับการขนส่งและความต้องการของโรงงานน้ำตาล ซึ่งผลลัพธ์ที่ตามมาคือผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จะมากขึ้น (Jiao et al., 2005; Lawes & Lawn, 2005) โดยข้อมูลทางสถิติเหล่านี้ต้องอาศัยระบบฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพรองรับ ซึ่งในอดีตใช้เป็น

ระบบจัดเก็บข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูลต่างๆ เช่น ไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel) หรือไมโครซอฟท์แอคเซส (Microsoft Access) ในรูปของตารางข้อมูลดิบ (Salassi & Champang, 1998) แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่ดีขึ้น รวมทั้งมีซอฟต์แวร์สำเร็จรูป เช่น MAGI ที่สามารถสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลดิบให้ผู้งานนำไปใช้เพื่อการวางแผนการจัดการในเบื้องต้นได้ (Lejars et al., 2008)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- โปรแกรม MPL/CPLEX
- โปรแกรม Arena version 14.70.00004
- โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ matlab
- แบบสอบถาม
- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล Intel® Core™ i5-6400T CPU@2.20GHz 2.21 GHz

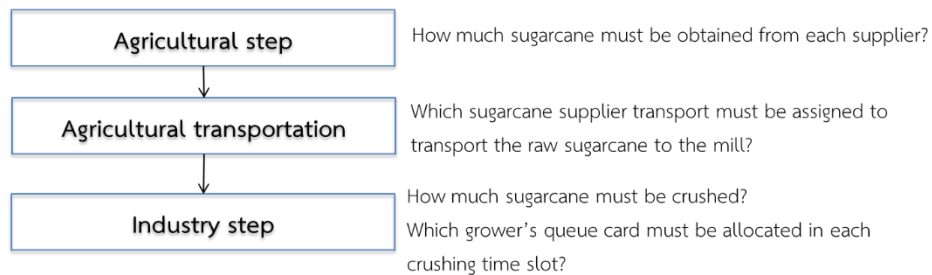
3.2 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

(1) พัฒนาเครื่องมือในการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ (multi-objective optimization) สำหรับการบูรณาการโลจิสติกส์ขาเข้าของโรงงานกรณีศึกษา (การวางแผนการเก็บเกี่ยวและการจัดคิวอ้อย) ในงานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลอ้อยและการผลิตน้ำตาลในปัจจุบันโดยการทบทวนวรรณกรรม การสำรวจภาคสนาม การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม ข้อมูลการสำรวจส่วนใหญ่มาจากผู้ปลูกอ้อยในพื้นที่โรงงานที่แตกต่างกัน

(2) จำแนกข้อมูลนำเข้าที่เป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาตัวแบบการตัดสินใจจากทั้งกระบวนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งโดยใช้ข้อมูลต่อไปนี้:

- การดำเนินการในแต่ละกระบวนการทั้งการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการจัดการหน้าลาน
- ค่าความหวานของแต่ละพันธุ์อ้อยที่สัมพันธ์กับอายุระหว่างการเก็บเกี่ยว
- ความพร้อมของแปลงอ้อย
- ความพร้อมของอุปกรณ์และยานพาหนะ
- การเก็บเกี่ยว การขนย้าย พาหนะ และกำลังการผลิต
- ปัญหาการวางแผนในปัจจุบันของการปลูกการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อย
- การลดลงของค่าความหวาน (CCS) ของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว
- การเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย
- ระยะทางและค่าขนส่ง
- แผนการผลิตปัจจุบันและการจัดสรรทรัพยากร
- ฯลฯ

โดยตั้งคำถามการวิจัย ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการตั้งคำถามการวิจัย

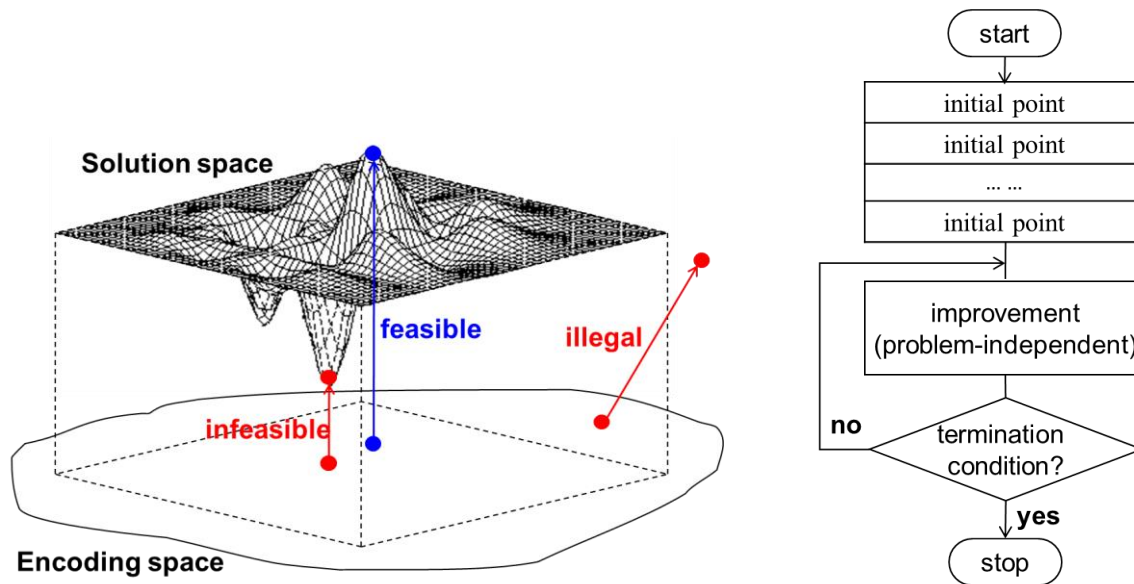
- (3) ศึกษาลักษณะของปัญหาและการระบุปัญหาที่ทำการศึกษาให้ชัดเจน
- (4) พัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาในแต่ละภาคส่วน ดังสรุปในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขอบเขตของแนวทางการแก้ปัญหาที่น่าเสนอ

กิจกรรม	วัตถุประสงค์	เครื่องมือ	ข้อจำกัด
การเก็บเกี่ยวและการขนส่ง	วัตถุประสงค์ข้อที่ 1: Max. sugarcane yield วัตถุประสงค์ข้อที่ 2: Min. harvested distance	รูปแบบทางคณิตศาสตร์และ เมตธีวริสติกส์	- ทรัพยากร เช่น แรงงาน กำลังการผลิตของโรงงาน และจำนวนรถบรรทุก - การเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย - ระบบการจัดสรรใบคิว
การจัดการหน้าลานอ้อย	Multi-Criteria Decision Analysis for Strategic Decision Making	การจำลองสถานการณ์	- ระบบการจัดสรรใบคิวและ โคเวตา - จำนวนและประเภทของ แท่นแหอ้อย - การเข้ามาของอ้อย

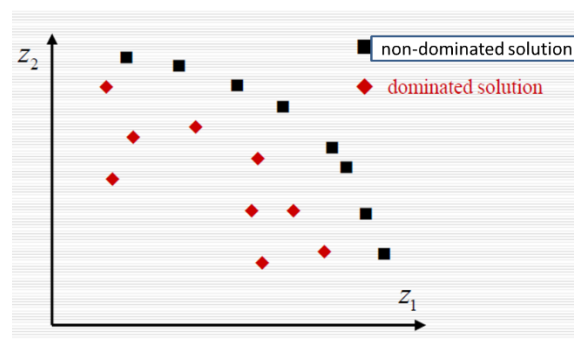
(5) พัฒนาเครื่องมือการตัดสินใจโดยใช้เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมหลายวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ตามขั้นตอนดังนี้

5.1) ประยุกต์ใช้วิธีการทางเมตธีวริสติกส์เชิงประชากร (population-based method) เพื่อแก้ปัญหาคำตอบที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วิธีการทางเมตาฮิวริสติกส์เชิงประชากร (Gen et al., 2008)

5.2) หาคำคำตอบที่เหมาะสมแบบ non-dominated solution ดังตัวอย่างรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวอย่าง non-dominated solution (Gen et al., 2008)

5.3) นำเสนอผลที่ได้ต่อผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจหรือผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบ

(6) พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation model) เพื่อเสนอกลยุทธ์ในการจัดการหน้าลานอ้อย โดยเขียนแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของกระบวนการทำงานในปัจจุบัน ทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) และความเหมาะสม (Validation) ของแบบจำลอง แล้วหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขระบบการทำงานและพัฒนาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

(7) สรุปและข้อเสนอแนะ: สรุปผลจากการวิเคราะห์การวิจัยเชิงทดลองรวมถึงการให้ข้อเสนอแนะที่สามารถให้ประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยในอนาคต หรือเป็นแนวทางการพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมอื่นที่คล้ายคลึงกัน

3.3 โรงงานกรณีศึกษา

3.3.1 สภาพทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

3.3.1.1 ข้อมูลการผลิต ประกอบด้วยกำลังการผลิต ชุดลูกหีบ และกรรมวิธีการผลิต ดังนี้

- กำลังการผลิตของโรงงานที่ได้รับอนุญาต 12,000 ตันอ้อยต่อวัน

- ขนาดลูกหีบ โรง 1_Φ 42" × 84" จำนวน 6 ชุด จำนวนลูกกลิ้ง 18 ลูกกลิ้งเพรสเซอร์ฟีดเดอร์ P.F. จำนวน 2 ชุด 4 ลูกกลิ้ง และไลต์ฟีดเดอร์ L.F. จำนวน 4 ชุด 8 ลูกกลิ้ง

- กรรมวิธีการผลิต น้ำตาลทรายดิบโดยวิธีดีฟิเคชัน น้ำตาลทรายขาวธรรมดาโดยวิธีรีเมลต์และฟอสเฟสเตชัน และน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์โดยวิธีรีเมลต์และฟอสเฟสเตชัน และเรซิน

3.3.1.2 ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่

- พื้นที่เพาะปลูกของโรงงาน คิดเป็นร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกที่โรงงานดำเนินการปลูกเอง และพื้นที่เพาะปลูกให้ชาวไร่เช่า

- พื้นที่เพาะปลูกของชาวไร่ คิดเป็นร้อยละ 90 ของพื้นที่ทั้งหมด

3.3.1.3 ข้อมูลชาวไร่อ้อย โดยสามารถแบ่งประเภทของชาวไร่ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ชาวไร่รายย่อย โดยสัญญาตันที่ชาวไร่ทำกับโรงงาน กำหนดปริมาณอ้อยที่ 100-3,000 ตันอ้อย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของชาวไร่ทั้งหมด

- ชาวไร่รายกลาง โดยสัญญาตันที่ชาวไร่ทำกับโรงงาน กำหนดปริมาณอ้อยที่ 3,000-7,000 ตันอ้อย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของชาวไร่ทั้งหมด

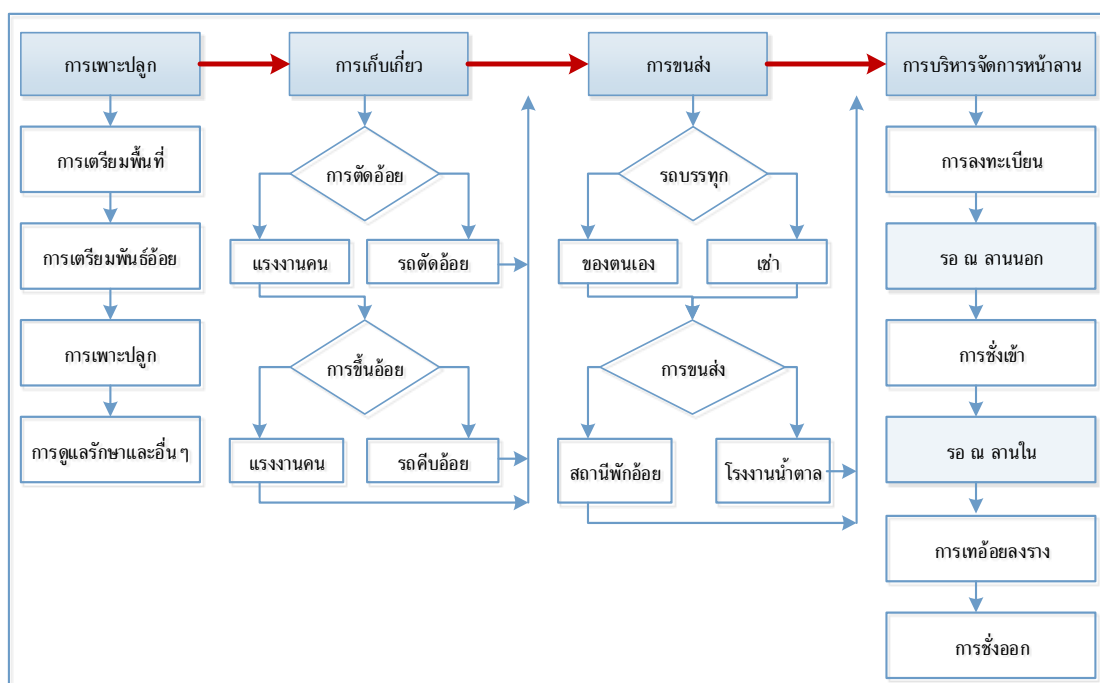
- ชาวไร่รายใหญ่ โดยสัญญาตันที่ชาวไร่ทำกับโรงงาน กำหนดปริมาณอ้อยมากกว่า 7,000 ตันอ้อย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10 ของชาวไร่ทั้งหมด ซึ่งชาวไร่รายใหญ่จะมีศักยภาพทางด้านบุคลากร อุปกรณ์เครื่องจักร และการบริหารจัดการขั้นพื้นฐานที่สามารถบริหารจัดการตั้งแต่กระบวนการปลูก จนกระทั่งขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานได้

3.3.1.4 ข้อมูลระบบสนับสนุนชาวไร่อ้อย

ระบบการสนับสนุนชาวไร่อ้อยของโรงงานกรณีศึกษา จะอยู่ในลักษณะการให้เงินทุน ปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ปุ๋ย ยาคุมหญ้า อุปกรณ์ทางการเกษตร รถตัดอ้อย เป็นต้น และการอำนวยความสะดวกในกิจกรรมต่างๆของระบบโลจิสติกส์ โดยจะมีระบบการส่งเสริม (เงินกู้ยืม) แบบเหมาตันตามอัตราที่กำหนดและข้อตกลงระหว่างโรงงานและชาวไร่ ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยของประเภทชาวไร่ตามศักยภาพ บัญชีภาระหนี้สิน ความสามารถในการผลิตอ้อยส่งเข้าสู่โรงงานชาวไร่ เป็นต้น

3.3.2 รูปแบบการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์ฯในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

รูปแบบทางโลจิสติกส์และการบริหารจัดการในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการบริหารจัดการหน้าลาน ดังรูปที่ 3.4 ดังนี้



รูปที่ 3.4 รูปแบบการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์ขาเข้าในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

3.3.2.1 กิจกรรมการเพาะปลูก ประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ เตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การปลูก และการบำรุง ดูแลรักษา โดยสามารถจำแนกรูปแบบกิจกรรมการเพาะปลูกอ้อยได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

- การเพาะปลูกด้วยแรงงานคน ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณพื้นที่เขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากชาวไร่ส่วนใหญ่เป็นชาวไร่รายย่อย มีพื้นที่เพาะปลูกค่อนข้างน้อยและขาดศักยภาพด้านเครื่องมือและปัจจัยการผลิต โดยโรงงานกรณีศึกษามีรูปแบบการเพาะปลูกด้วยแรงงานคนประมาณร้อยละ 30 ของชาวไร่ทั้งหมด

- การเพาะปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อย ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย เนื่องจากชาวไร่ส่วนใหญ่มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเป็นปริมาณมากและมีศักยภาพเป็นลักษณะนายทุน โดยโรงงานกรณีศึกษามีรูปแบบการเพาะปลูกด้วยเครื่องจักรประมาณร้อยละ 70 ของชาวไร่ทั้งหมด

3.3.2.2 กิจกรรมการเก็บเกี่ยว ซึ่งขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การตัด และการขึ้นอ้อย (การขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก) โดยสามารถจำแนกรูปแบบกิจกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อยได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

- ตัดและขึ้นโดยใช้แรงงานคนทั้งหมด
- ตัดด้วยแรงงานคนและขึ้นด้วยรถคืบ
- ใช้รถตัดอ้อย

3.3.2.3 กิจกรรมการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

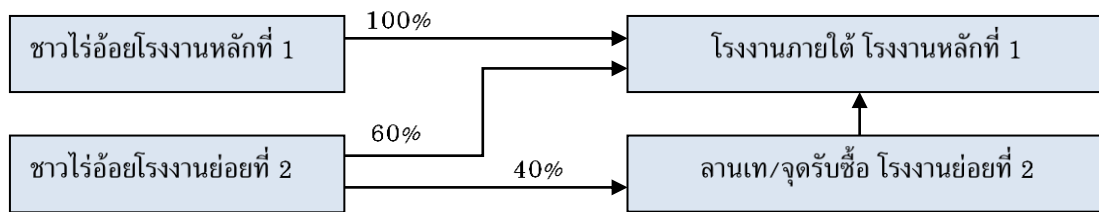
(1) รูปแบบการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน

- ขนส่งอ้อยสู่โรงงานโดยตรง ชาวไร่จะบรรทุกอ้อยและขนส่งสู่โรงงานโดยตรง โดยไม่ผ่านลานเท/จุด

รับซื้อของโรงงาน

- ขนส่งอ้อยผ่านลานเท/จุดรับซื้อของโรงงาน/เอกชน โดยชาวไร่จะบรรทุกอ้อยและขนส่งผ่านลานเท/จุดรับซื้อของโรงงาน และลานเท/จุดรับซื้อของโรงงาน/เอกชนจะเป็นผู้รวบรวมอ้อยเข้าสู่โรงงานโดยใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่หรือรถบรรทุกพ่วง เพราะจะทำให้มีต้นทุนในการขนส่งต่อหน่วยที่มีราคาถูก

โดยชาวไร่ของโรงงานหลักที่ 1 ทั้งหมดและชาวไร่ของโรงงานย่อยที่ 2 อีกประมาณร้อยละ 60 จะขนส่งสู่โรงงานโดยตรง นอกจากนั้นชาวไร่ของโรงงานย่อยที่ 2 ประมาณร้อยละ 40 จะขนส่งอ้อยสู่ลานเท/จุดรับซื้อของโรงงาน ซึ่งมีเพียงแห่งเดียวเท่านั้น จากนั้นโรงงานย่อยที่ 2 จะรวบรวมอ้อยจากลานเท/จุดรับซื้อ และขนส่งอ้อยสู่โรงงานหลักที่ 1 เป็นลำดับถัดไป ซึ่งขณะนี้กำลังมีการขยายฐานการผลิต โดยการก่อตั้งโรงงานย่อยที่ 2 เป็นโรงงานผลิตเหมือนกับโรงงานหลักที่ 1 ซึ่งจะทำให้ชาวไร่ของโรงงานย่อยไม่จำเป็นต้องมาส่งโรงงานหลัก ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 รูปแบบการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานของชาวไร่อ้อย

(2) ประเภทรถบรรทุกในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

- รถบรรทุก ได้แก่ รถบรรทุกหกล้อ รถบรรทุกสิบล้อ เป็นต้น ประมาณร้อยละ 90 ของจำนวนยานพาหนะทั้งหมด โดยความจุของรถบรรทุกพ่วง 20-25 ตัน (เฉลี่ย 20 ตัน)
- รถบรรทุกพ่วง ประมาณร้อยละ 9 ของจำนวนยานพาหนะทั้งหมด โดยความจุของรถบรรทุกพ่วง 40-45 ตัน (เฉลี่ย 45 ตัน)
- รถบรรทุกอื่นๆ ได้แก่ รถบรรทุกสี่ล้อ รถอีแต๋น รถอีแต้น เป็นต้น ประมาณร้อยละ 1 ของจำนวนยานพาหนะทั้งหมด

(3) ลักษณะการขนส่ง

- ขนส่งด้วยรถบรรทุกของชาวไร่เอง จะมีค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและพนักงานขับรถเป็นหลัก
- ขนส่งด้วยรถบรรทุกจ้าง จากเจ้าของ/ผู้ให้บริการรถบรรทุกจ้าง อัตราค่าจ้างตามข้อตกลงระหว่างชาวไร่อ้อยและผู้ให้บริการดังกล่าว

3.3.2.4 กิจกรรมการบริหารจัดการหน้าลาน

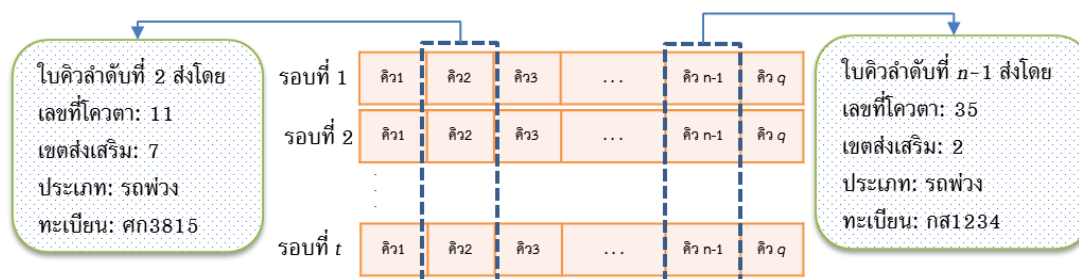
- คิวเสรี โดยส่วนใหญ่คิวที่ใช้ส่งอ้อยของเกษตรกรเข้าสู่โรงงานจะเป็นคิวเสรี ซึ่งเป็นระบบคิวที่ให้ชาวไร่แต่ละรายสามารถส่งอ้อยให้โรงงานได้โดยเสรีในลักษณะมาก่อนได้รับบริการก่อน (First come first serve: FCFS) กล่าวคือเกษตรกรที่มาก่อนจะได้ส่งอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตก่อนตามลำดับของการมาถึงโรงงาน โดยโรงงานมีการออกบัตรคิวให้ชาวไร่ที่จุดรับบัตรคิวบริเวณหน้าทางเข้าลานนอกของโรงงาน

- คิวพิเศษ เป็นคิวที่มีการให้ความสำคัญของอ้อยทางไกลก่อน ซึ่งมีระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตรขึ้นไป เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรชาวไร่ในรายที่มีระยะทางการขนส่งไกลจากโรงงานและและเป็นกลยุทธ์ของโรงงานเพื่อ

ลดความเสี่ยงในการที่ชาวไร่ร้อยละเก้าจะนำอ้อยไปส่งที่โรงงานอื่นๆ รวมทั้งกรณีพิเศษที่ชาวไร่จำเป็นต้องนำอ้อยส่งโรงงาน อันเนื่องจากปัญหาไฟไหม้แปลงอ้อย หรือรถบรรทุกเสียหยา ทั้งนี้จำเป็นต้องได้รับการอนุมัติจากผู้จัดการฝ่ายไร่ก่อน

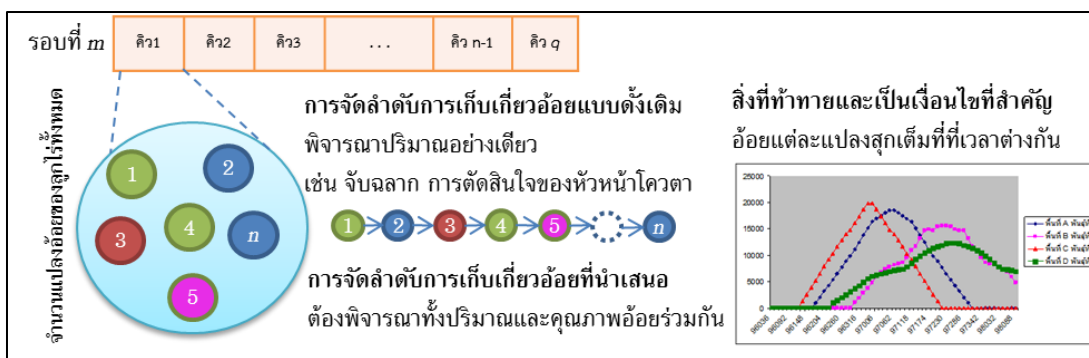
3.4 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อจัดการอ้อยเข้าสู่โรงงานร่วมกับการพิจารณาเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย

การจัดสรรระบบคิว ฝ่ายไร่ซึ่งเป็นหน่วยงานของโรงงานน้ำตาลจะทำการส่งเสริมและทำข้อตกลงด้านสัญญาต้นระหว่างโรงงานน้ำตาลกับเกษตรกร โดยเกษตรกรจะได้รับผลประโยชน์จากสินเชื่อ และการช่วยเหลือจากทางโรงงาน เช่น พันธุ์อ้อย ปุ๋ย เครื่องจักรทางการเกษตรบางส่วน สำหรับทางโรงงานจะเกิดผลดีในเรื่องลดความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของอ้อยที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งฝ่ายไร่จะสามารถประเมินอ้อยที่จะเข้ามาจากแหล่งต่างๆ ตลอดฤดูหีบอ้อย จากนั้นก็จะทำการจัดคิวโดยอิงจากกำลังการผลิตของโรงงานเป็นหลัก จะทำให้ทราบว่าเกษตรกรแต่ละรายมีลำดับคิวที่เท่าไร เป็นคิวประเภทใดและต้องส่งอ้อยเข้ามาปริมาณเท่าใด ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 รูปแบบการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานของชาวไร่อ้อย

อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาการจัดการเก็บเกี่ยวอ้อยและผลผลิตทางเกษตรต่างๆ จะแตกต่างกับการจัดการตารางผลิตของอุตสาหกรรมอื่นในเรื่องที่ผลผลิตทางการเกษตรจะเป็นสินค้าที่เน่าเสียได้ รวมทั้งการดูแล สภาพแวดล้อม พันธุ์และอายุของพืชจะมีผลต่อผลผลิตผลรวมที่จะได้ ดังนั้นการพิจารณาในเชิงปริมาณอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ ทำให้ต้องมีการวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operational Planning) เพื่อการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตที่มีคุณภาพ นั่นคือต้องมีการพัฒนาเพื่อจัดลำดับและตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันพบว่าหลังจากที่ฝ่ายไร่ทำการจัดสรรใบคิวตามประเภทรถบรรทุกและให้มีสัดส่วนการเข้ามาที่เท่าเทียมกันระหว่างแต่ละโควตา จากนั้นฝ่ายไร่จะนำใบคิวนี้ให้แก่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเพาะปลูกอ้อยในแต่ละเขตเพื่อแจกจ่ายใบคิวให้แต่ละโควตาต่อไป เมื่อแต่ละโควตาได้รับลำดับคิวของตนเองก็จะทำการวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยตามแนวปฏิบัติที่เคยทำมา เช่น การจับฉลาก หรือจากประสบการณ์ของหัวหน้าโควตา เป็นต้น โดยไม่มีการคำนึงถึงคุณภาพอ้อย หรือต้นทุนโลจิสติกส์ที่จะมีผลต่อกำไรรวมที่จะได้รับ ดังนั้นในงานศึกษานี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยพิจารณาทั้งปริมาณและคุณภาพอ้อยร่วมกัน ดังรูปที่ 3.7

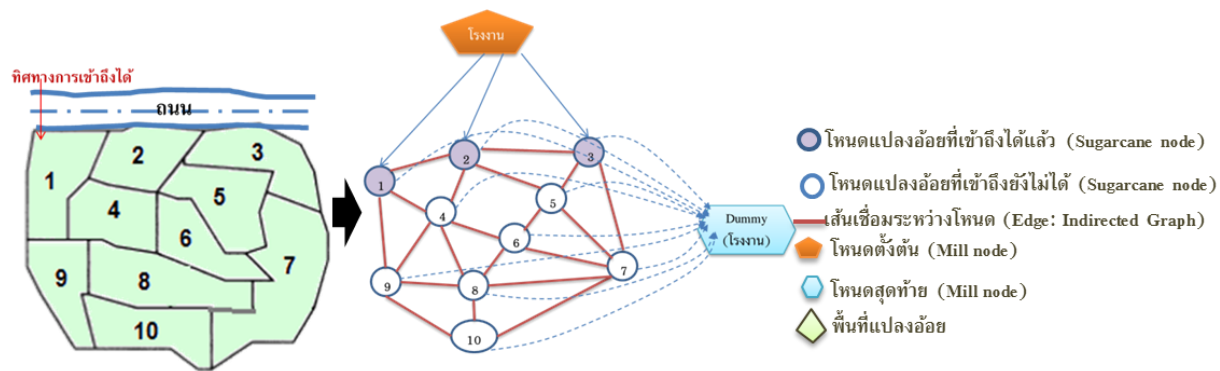


รูปที่ 3.7 การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย

นอกจากนี้แม้ว่าปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยจะได้รับความสนใจและในอดีตได้มีผู้นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานใดที่คำนึงถึงเงื่อนไขสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลให้ไม่สามารถทำการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีค่าความหวานสูงสุดได้ทุกคาบเวลา นั่นคือเงื่อนไขของการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย (Field Accessability) เนื่องจากพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของเกษตรกรมักอยู่ในบริเวณเดียวกันและปลูกรวมกันในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยแต่ละแปลงจะถูกปลูกและเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่ต่างกัน เช่น ในปีนี้แปลงอ้อยที่ติดถนนเป็นอ้อยต่อ และแปลงที่อยู่ลึกเข้าไปเป็นอ้อยปลูกใหม่ ซึ่งผลต่อการลำดับการเก็บเกี่ยวเนื่องจากอ้อยต่อจะสุกเร็วกว่าแต่จะมีค่าความหวานลดลงเร็วกว่าอ้อยปลูกใหม่ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะทำการเก็บเกี่ยวก่อน แต่เมื่อถึงฤดูกาลเก็บอ้อยปีถัดไป อ้อยต่อที่ถูกตัดไปแล้วจะรีดต่อและปลูกใหม่ ส่วนแปลงที่อยู่ลึกเข้าไปก็จะกลายเป็นอ้อยต่อ ส่งผลในเชิงกลับกันกับลำดับการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เนื่องจากอ้อยต่อที่ควรตัดก่อนอยู่ลึกเข้าไปทำให้ยังไม่สามารถเข้าเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งจะเกิดปัญหาเชิงพลวัตต่อเนื่องกันไปทุกปี ประกอบกับแปลงอ้อยของเกษตรกรที่มีอยู่จำนวนมาก ซึ่งแต่ละแปลงต่างมีลักษณะพันธุ์อ้อย อายุ หรือได้รับปัจจัยทางธรรมชาติที่แตกต่างกัน ทำให้มีค่าความหวานที่ต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา จึงเป็นการยากที่จะตัดสินใจว่าแปลงใดควรถูกเก็บเกี่ยวก่อนหรือหลังเพื่อให้ได้ผลกำไรรวมสูงสุด ดังนั้นในงานศึกษานี้จึงได้ทำการนำเสนอแนวทางในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยในรูปแบบของเครือข่ายการเชื่อมโยงระหว่างแปลงอ้อยแต่ละแปลง (Network Model)

3.4.1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย

เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาจึงได้ทำการนำเสนอปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยออกมาในลักษณะกราฟ $G = (V, E)$ ซึ่งกราฟที่สร้างขึ้นจะอยู่ในลักษณะแบบไม่มีการกำหนดทิศทาง (Indirect Graph) ดังรูปที่ 3.8 โดยแต่ละโหนด $V = \{1, 2, \dots, n\}$ คือแปลงอ้อยทั้งหมด (n) ของโควตาที่กำลังพิจารณา และเส้นเชื่อมโยง E เป็นการบอกว่าแปลงอ้อยสองแปลงที่มีเส้นเชื่อมอยู่เป็นแปลงอ้อยที่มีขอบเขตอยู่ติดกัน (Adjacent Node)



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบข้ามแปลงได้

สมมติฐานของปัญหา (Assumptions)

- การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ได้ จะพิจารณาเป็รายโควตา นั่นคือเมื่อเกษตรกรแต่ละโควตาได้รับเลขที่คิวการส่งอ้อยแต่ละรอบ จากแผนการจัดสรรการนำอ้อยเข้าโรงงานของฝ่ายไร (Tactical Planning) จากเดิมที่แต่ละโควตาจะทำการจับฉลากหรือประสบการณ์ของหัวหน้าโควตาในแต่ละโควตาเลือกแปลงอ้อยเพื่อทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบ แนวทางที่น่าเสนอนี้จะช่วยให้เกษตรกรแต่ละโควตามีทางเลือกในการหาลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยจากแปลงของลูกไร่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ปริมาณอ้อยที่จะเก็บเกี่ยวเพื่อส่งเข้าโรงงานในแต่ละรอบ จะขึ้นอยู่กับชนิดสัญญาหรือกำลังขนส่งของรถบรรทุกที่ทำไว้กับโรงงาน เช่น หากเป็นสัญญารถพ่วงจะต้องทำการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อส่งอ้อยเฉลี่ย 50-55 ตันต่อรอบ เป็นต้น
- แปลงอ้อยแต่ละแปลงสามารถแบ่งตัดได้ (Splitting)
- กำหนดให้แต่ละโควตามีปริมาณอ้อยรวมทั้งหมดมากกว่าปริมาณอ้อยขั้นต่ำที่ทำสัญญาต้นไว้กับทางโรงงาน
- กำหนดให้จุดตั้งต้นของเส้นทางการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละรอบ เริ่มต้นที่โรงงานน้ำตาลและเมื่อทำการเก็บเกี่ยวยังแปลงอ้อยใดๆ แล้วจะนำอ้อยมาส่งที่โรงงานน้ำตาลอีกครั้ง
- ค่าความหวานของอ้อยแต่ละแปลงจะเปลี่ยนแปลงตามอายุและประเภทพันธุ์อ้อย
- มีการกำหนดเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อย (Accessability) นั้นหมายถึง ณ คาบเวลาที่ 1 แปลงอ้อยที่จะเข้าไปเก็บเกี่ยวได้คือแปลงอ้อยที่ติดถนนเท่านั้น ช่วงรอบการส่งอ้อยถัดไปจะขึ้นอยู่กับแปลงอ้อยที่ถูกตัดไปในรอบก่อนหน้า หากแปลงใดๆ ถูกเก็บเกี่ยวไปจะมีผลให้แปลงที่อยู่ติดกันสามารถเข้าถึงได้ต่อไป
- ทำการพิจารณาปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Problem) ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรแต่ละโควตาสามารถเลือกดำเนินการตามการตกลงภายในกลุ่มของตนเอง

สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (Notation)

ดัชนี (Indices)

- ij ดัชนีของของโหนดคือแปลงอ้อย จุดตั้งต้นและจุดสุดท้าย ($ij = 0, 1, 2, \dots, n, 0'$)
- t ดัชนีของรอบการส่งอ้อย ($t = 1, 2, \dots, T$)
- A_i เซตของแปลงอ้อยที่อยู่ติดกับแปลงอ้อยที่ i (Adjacent List)
- N_1 เซตของโหนดที่รวมทั้งแปลงอ้อยทั้งหมดและจุดตั้งต้น 0 หรือโรงงาน ($N_1 = V \cup \{0\}$)
- N_2 เซตของโหนดที่รวมทั้งแปลงอ้อยทั้งหมดและจุดสุดท้าย $0'$ หรือโรงงาน ($N_2 = V \cup \{0'\}$)

N เซตของโหนดทั้งหมด ($N = V \cup \{0\} \cup \{0'\}$)

พารามิเตอร์ (Parameters)

- n จำนวนแปลงอ้อยทั้งหมดของโควตาที่กำลังพิจารณา
- T จำนวนรอบการส่งอ้อยทั้งหมด
- a_i ปริมาณอ้อยเริ่มต้นที่มีในแปลงที่ i [ตัน]
- $r_i = 1$ ถ้าแปลงอ้อยที่ i เป็นแปลงอ้อยที่อยู่ติดถนนหรือเข้าถึงได้ตั้งแต่รอบการส่งอ้อยรอบแรก, 0 อื่นๆ
- s_t ปริมาณอ้อยที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวเพื่อขนส่งในรอบการส่งอ้อยที่ t [ตัน]
- e_{it} ค่าความหวานของอ้อย (CCS: Commercial Cane Sugar) ของแปลงอ้อยที่ i ณ รอบการส่งที่ t
- d_{ij} ระยะทางระหว่างโหนด i และโหนด j ($i, j \in N$) [กิโลเมตร]
- M จำนวนเต็มบวกขนาดใหญ่ (Large Number)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

- $x_{ijt} = 1$ ถ้าในรอบการส่งอ้อยที่ t มีเส้นทางการเก็บเกี่ยวจากโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j ($i, j \in N$), อื่นๆ มีค่าเป็น 0
- $y_{it} = 1$ ถ้าแปลงอ้อยที่ i ($i \in V$) ถูกเก็บเกี่ยวในรอบการส่งอ้อยที่ t , อื่นๆ มีค่าเป็น 0
- q_{it} ปริมาณอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวจากแปลงที่ i ($i \in V$) ในรอบการส่งอ้อยที่ t [ตัน]
- $z_{it} = 1$ ถ้าแปลงอ้อย j ซึ่งเป็นแปลงอ้อยที่อยู่ติดกับแปลงอ้อยที่ i ($j \in A_i$) ถูกทำการเก็บเกี่ยวในรอบการส่งอ้อยที่ t จะมีผลให้แปลงอ้อยที่ i สามารถเข้าถึงได้ในรอบการส่งรอบถัดไป, อื่นๆ มีค่าเป็น 0
- u_{it} ตัวแปรเพื่อใช้หลีกเลี่ยงการเกิดเส้นทางซ้อนทับกัน (Subtour Elimination)

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยส่งเข้าโรงงานในแต่ละรอบของแต่ละโควตาที่นำเสนอในงานศึกษานี้จะพิจารณาแบบปัญหาหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Problem) เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสมภายใต้ความขัดแย้งระหว่างวัตถุประสงค์การตัดสินใจ คือวัตถุประสงค์ที่ (3.1) เพื่อให้ได้ผลผลิตรวมสูงสุด (Maximization of Sugarcane Yield) และวัตถุประสงค์ที่ (3.2) เพื่อให้เกิดระยะทางของเส้นทางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุด (Minimization of Travelling Distance) โดยมีสมการวัตถุประสงค์และเงื่อนไขข้อจำกัด ดังนี้

วัตถุประสงค์ (Objective Functions)

$$f_1(q) = \max \left\{ \sum_{t \in T} \sum_{i \in V} e_{it} \times q_{it} \right\} \quad (3.1)$$

$$f_2(x) = \min \left\{ \sum_{t \in T} \sum_{(i,j) \in E} d_{ij} \times x_{ijt} \right\} \quad (3.2)$$

เงื่อนไข (Constraints)

$$\sum_{j \in V} x_{0jt} = 1 \quad ; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.3)$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0t} = 1 \quad ; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.4)$$

$$\sum_j x_{ijt} = \sum_j x_{jit} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.5)$$

$$x_{0,0',t} = 0 \quad ; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.6)$$

$$x_{i,0,t} = 0 \quad ; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.7)$$

$$\sum_{j \in N_2} x_{i,j,t} \leq 1 \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.8)$$

$$\sum_{j \in N_1} x_{j,i,t} \leq 1 \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.9)$$

$$\sum_{j \in N_2} x_{i,j,t} = y_{it} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.10)$$

$$\sum_{j \in N_1} x_{j,i,t} = y_{it} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.11)$$

$$q_{it} \leq M \times y_{it} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.12)$$

$$y_{it} \leq q_{it} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.13)$$

$$\sum_i q_{it} = s_t \quad ; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.14)$$

$$\sum_t q_{it} \leq a_i \quad ; i \in V \quad (3.15)$$

$$y_{it} \leq r_i \quad ; i \in V, t = 1 \quad (3.16)$$

$$y_{it} \leq r_i + \sum_{t=1}^{t-1} y_{it} + \sum_{t=1}^{t-1} z_{it} \quad ; i \in V, t = 2, 3, \dots, T \quad (3.17)$$

$$\sum_{j \in A_i} y_{jt} \leq M \times z_{it} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.18)$$

$$z_{it} \leq \sum_{j \in A_i} y_{jt} \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.19)$$

$$u_{it} - u_{jt} + (n+1) \times x_{ijt} \leq n \quad ; i, j \in V (i \neq j), t = 1, 2, \dots, T \quad (3.20)$$

$$q_{it} \geq 0 \quad ; i \in V, t = 1, 2, \dots, T \quad (3.21)$$

สมการเงื่อนไขที่ (3.3) คือในแต่ละรอบการส่งอ้อยจะต้องมีเส้นทางการเก็บเกี่ยวออกจากจุดตั้งต้น (โรงงานน้ำตาล) มายังแปลงอ้อยใด ๆ ได้หนึ่งแปลงเท่านั้น

สมการเงื่อนไขที่ (3.4) คือในแต่ละรอบการส่งอ้อยจะต้องมีเส้นทางการเก็บเกี่ยวจากแปลงอ้อยใด ๆ กลับมายังจุดสุดท้าย (โรงงานน้ำตาล) ได้เพียงหนึ่งแปลงเท่านั้น

สมการเงื่อนไขที่ (3.5) แสดงถึงสมการการไหล (Network Flow) ระหว่างโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง นั่นคือหากมีเส้นทางการเก็บเกี่ยวเข้ามายังแปลงอ้อยใด ๆ จะต้องมีเส้นทางออกไปยังแปลงอื่นหรือโรงงานเสมอ

สมการเงื่อนไขที่ (3.6) ป้องกันไม่ให้เกิดเส้นทางเชื่อมกันระหว่างจุดเริ่มต้น 0 และจุดสุดท้าย 0' ซึ่งนั่นหมายถึงจะไม่มีการเดินทางเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยแปลงใดๆ เลย ในรอบการส่งอ้อยนั้น

สมการเงื่อนไขที่ (3.7) ป้องกันไม่ให้เกิดเส้นทางเชื่อมกันระหว่างแปลงอ้อยใดๆ ย้อนกลับมาจุดเริ่มต้น ซึ่งผิดเงื่อนไขที่เส้นทางการเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการส่งอ้อยต้องสิ้นสุดที่จุดสุดท้าย 0' เสมอ

สมการเงื่อนไขที่ (3.8) และ (3.9) เพื่อกำหนดให้ในแต่ละรอบการส่งอ้อย มีเส้นทางการเก็บเกี่ยวเข้าหรือออกแปลงอ้อยใดๆ ได้เพียงครั้งเดียว

สมการเงื่อนไขที่ (3.10) และ (3.11) เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x_{jt} และ y_{it} คือหากมีเส้นทางการเก็บเกี่ยวเข้าหรือออกจากแปลงอ้อยที่ i ในรอบการส่งอ้อยที่ t หรือ $x_{jt} = 1$ นั้นหมายถึงแปลงอ้อยที่ i จะถูกทำการเก็บเกี่ยวในรอบการส่งนั้น หรือ $y_{it} = 1$ เสมอ

สมการเงื่อนไขที่ (3.12) และ (3.13) แสดงให้เห็นว่าในรอบการส่งอ้อยใดๆ หากแปลงใดถูกทำการเก็บเกี่ยว นั่นคือ $y_{it} = 1$ ดังนั้น q_{it} ต้องไม่เป็นศูนย์

สมการเงื่อนไขที่ (3.14) ในแต่ละรอบการส่งอ้อยต้องทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้มีปริมาณตรงตามความต้องการของปริมาณบรรทุกของประเภทรถที่ทำสัญญาต้นไว้กับโรงงานเสมอ

สมการเงื่อนไขที่ (3.15) ไม่สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้มากกว่าปริมาณอ้อยเริ่มต้นที่มีในแต่ละแปลง

สมการเงื่อนไขที่ (3.16) และ (3.17) ในแต่ละรอบการส่งอ้อยใดๆ แปลงอ้อยที่จะถูกนำมาพิจารณาเพื่อทำการเก็บเกี่ยวได้ต้องเป็นแปลงอ้อยที่สามารถเข้าถึงได้แล้ว นั่นคือต้องผ่านเงื่อนไขเหล่านี้

กรณีที่ $t = 1$ แปลงอ้อยที่สารรถเข้าไปเก็บเกี่ยวได้ต้องเป็นแปลงที่ติดถนน หรือมี $r_i = 1$

กรณีที่ $t > 1$ แปลงอ้อยที่สามารถเข้าไปเก็บเกี่ยวได้ต้องผ่านเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

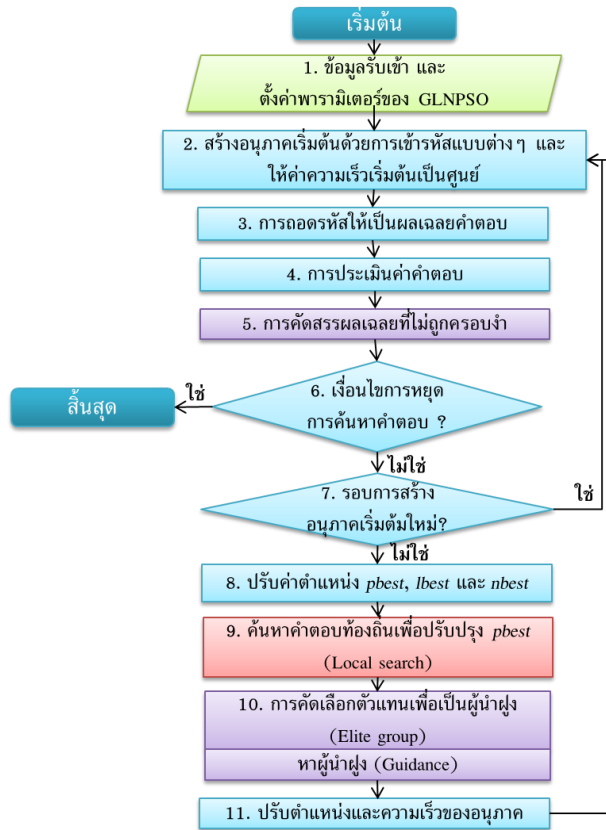
- ต้องเป็นแปลงที่ติดถนน หรือมี $r_i = 1$
- ต้องเป็นแปลงอ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวไปแล้วในรอบการส่งอ้อยที่ผ่านมา $t = 1, 2, \dots, t-1$ หรือ $\sum_{t=1}^{t-1} y_{it} \geq 1$
- ต้องเป็นแปลงอ้อยที่มีค่า $\sum_{t=1}^{t-1} z_{it} \geq 1$ นั่นคือได้รับการอัปเดตสถานะให้เข้าถึงได้จากการที่แปลงอ้อยที่อยู่ติดกันได้ถูกเก็บเกี่ยวไปแล้วในคาบเวลาก่อนหน้า

สมการเงื่อนไขที่ (3.18) และ (3.19) เป็นสมการในการอัปเดตสถานะการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยใดๆ นั่นคือเมื่อพิจารณาแปลงอ้อยที่ i หากมีแปลงอ้อยใดที่อยู่ในเซตของแปลงอ้อยที่อยู่ติดกับแปลง i ได้ถูกเลือกให้ทำการเก็บเกี่ยวในรอบการส่งอ้อยที่ t จะมีผลให้แปลงอ้อยที่ i สามารถเข้าถึงได้ในรอบการส่งที่ $t = t+1, \dots, T$ ต่อไป

สมการเงื่อนไขที่ (3.20) สมการมาตรฐานในการป้องกันการเกิดเส้นทางซ้อนทับกัน (Subtour Elimination)

3.4.2 เมตะฮิวริสติกส์เพื่อการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย

สำหรับภาพรวมของแนวทางการแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบข้ามแปลงได้ด้วยการประยุกต์ใช้ GLNPSO แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 กระบวนการใช้การแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางเมตะฮิวริสติกส์

การสร้างอนุภาคเริ่มต้นและวิธีการเข้ารหัส (Initialization/Encoding)

การสร้างอนุภาคเริ่มต้นในงานศึกษานี้แบ่งการเข้ารหัสเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการเข้ารหัสเพื่อกำหนดลำดับความสำคัญในการเลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยเพื่อส่งอ้อยเข้าโรงงานในแต่ละรอบ ซึ่งใช้วิธีการสุ่มตำแหน่งอนุภาค l ในแต่ละมิติ h : θ_{lh} ด้วยการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform Random Nuber) ระหว่าง $[0,1]$ โดยแปลงอ้อยที่สุ่มได้ค่าตำแหน่งสูงกว่าจะถูกนำมาพิจารณาในการเลือกเก็บเกี่ยวก่อน หรือการให้ลำดับสำคัญตามค่าที่สุ่มได้ (Ranked-Order Value: ROV) สำหรับส่วนที่สองคือการเข้ารหัสเพื่อกำหนดจำนวนแปลงอ้อย (S_node) ที่จะถูกแบ่งตัดในแต่ละรอบ ด้วยการสุ่มตัวเลขจำนวนเต็มระหว่าง $[1, S_node]$ ซึ่งส่วนนี้เปรียบเสมือนการทำการค้นหาแบบเฉพาะที่ (Local Search) ตั้งแต่ขั้นตอนการสร้างอนุภาคเริ่มต้น เนื่องจากเมื่อได้ลำดับเส้นทางการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละรอบการส่งแล้ว หากทำการค้นหาแบบเฉพาะที่โดยกระบวนการเรียงลำดับตำแหน่งใหม่ (Relocate Operation) การแลกตำแหน่ง (Exchange Operation) หรือการ 2-opt ระหว่างแปลงอ้อยในแต่ละรอบการส่ง จะเกิดปัญหาการขัดแย้งต่อเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยในลักษณะเชิงพลวัต (Dynamic) ทำให้เกิดขั้นตอนในการซ่อมแซม (Repairing) ผลเฉลยในแต่ละรอบการส่งอ้อยให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ผลที่ตามมาคือเวลาในการประมวลผลที่สูงขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการเพิ่มการเข้ารหัสคำตอบในส่วนที่สองนี้ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถแก้ปัญหาที่สามสามารถเพิ่มความหลากหลายในพื้นที่การหาคำตอบ แต่ลดเวลาในซ่อมแซมคำตอบที่เกิดจากกระบวนการปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาแบบเฉพาะที่ โดยตัวอย่างการสร้างอนุภาคเริ่มต้นและการเข้ารหัสของ 8 อนุภาค ในปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีแปลงอ้อย 10 แปลง และมีรอบการส่ง 3 รอบ

การถอดรหัส (Decoding)

จากขั้นตอนการเข้ารหัสที่กล่าวในข้างต้น เป็นการเข้ารหัสที่ไม่สามารถบอกถึงผลเฉลย (Solution) ได้โดยตรง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะแสดงถึงขั้นตอนการถอดรหัสเพื่อหาผลเฉลยในปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบข้ามแปลงได้ ซึ่งมีอยู่ 4 รูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนการถอดรหัสเป็น 2 ระยะ (Phase) ระยะที่ 1 คือการสร้างลำดับเส้นทางการเก็บเกี่ยวเริ่มต้นด้วยการสร้างใจแอนท์ทัวร์ (Giant Tour) ที่นิยมใช้ในปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยเฉพาะปัญหาที่ลูกค้าแต่ละรายสามารถแบ่งรับหรือแบ่งส่งสินค้าได้ (Split Delivery Vehicle Routing Problem: SDVRP) ซึ่งลูกค้าแต่ละรายก็เปรียบเสมือนแปลงอ้อยและรถขนส่งแต่ละคันก็เปรียบเป็นการส่งอ้อยที่พิจารณาในงานศึกษานี้ โดยหลักการของการสร้างใจแอนท์ทัวร์ รถแต่ละคันหรือในแต่ละรอบการส่งจะเดินทางเพื่อเก็บเกี่ยวอ้อยให้เต็มกำลังรถหรือให้ตรงกับความต้องการของโรงงาน ซึ่งแปลงอ้อยแต่ละแปลงจะถูกเก็บเกี่ยวจนหมดแปลง (ตามปริมาณอ้อยที่เหลือในแต่ละรอบ) จนกระทั่งเดินทางมายังแปลงสุดท้ายที่หากเก็บเกี่ยวจนหมดแปลงจะเกิดความต้องการ ดังนั้นในแปลงสุดท้ายนี้จะถูกแบ่งเก็บเกี่ยว (Split Harvesting) แต่อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการแบ่งเก็บเกี่ยวที่แปลงอ้อยลำดับสุดท้ายเสมอ อาจไม่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีที่สุด ดังนั้นในงานศึกษานี้จึงได้ทำการเพิ่มการเข้ารหัสในส่วนที่ 2 ที่จะนำไปใช้ในการถอดรหัสใน ระยะที่ 2 โดยจะทำการสุ่มเลือกแปลงอ้อยที่จะถูกแบ่งตัดในแต่ละเส้นทางเก็บเกี่ยวของแต่ละรอบการส่ง เพื่อให้แปลงอื่นในเส้นทางมีโอกาสถูกเลือกแบ่งตัด ซึ่งเป็นการป้องกันปัญหาค้างอยู่ในผลเฉลยแบบเฉพาะที่ (Local Optima) สำหรับข้อมูลตัวอย่างในการคำนวณ เช่น ระยะทางระหว่างแปลง ขอบเขตการติดกันของแปลงอ้อยหรือความต้องการอ้อยในแต่ละรอบการส่ง

(1) การถอดรหัสแบบที่ 1 (Dc1) ใช้หลักการให้ลำดับสำคัญตามค่าที่สุ่มได้ (Ranked-order Value: ROV)

(2) การถอดรหัสแบบที่ 2 (Dc2) ใช้หลักการเลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่อยู่ใกล้เคียงกันที่สุด (Based Distance)

(3) การถอดรหัสแบบที่ 3 (Dc3) ใช้หลักการเลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่มีค่าความหวานมากที่สุด (Based Sugarcane CCS) มีขั้นตอนคล้ายถึงกับการถอดรหัสแบบที่ 2 จะแตกต่างในส่วนของการเลือกแปลงอ้อยลำดับถัดจากแปลงอ้อยเริ่มต้นที่จะเปลี่ยนจากการพิจารณาระยะทางแปลงอ้อยที่ใกล้ที่สุด มาเลือกแปลงที่มีค่าความหวานสูงสุด

(4) การถอดรหัสแบบที่ 4 (Dc4) ใช้หลักการเลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่มีสัดส่วนระหว่างค่าความหวานของแปลงอ้อยลำดับถัดไป หาดด้วย ระยะทางระหว่างแปลงอ้อยที่พิจารณากับแปลงอ้อยในลำดับถัดไป ที่มากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการพิจารณาทางเลือกลำดับถัดไปร่วมกันระหว่าง Dc2 และ Dc3

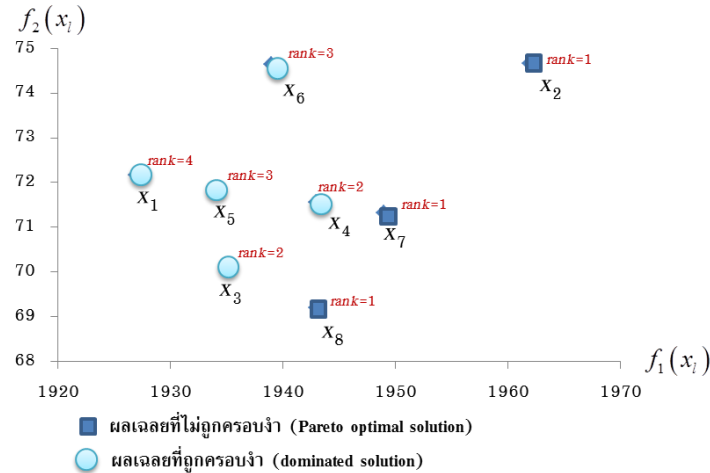
(5) การถอดรหัสแบบผสม ใช้หลักการเดียวกับการเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนที่ฝูงแบบผสม

การประเมินค่าคำตอบ (Evaluate)

หลังจากที่ได้ผลเฉลยคำตอบของอนุภาคแต่ละตัวโดยการถอดรหัสด้วยวิธีต่างๆ จากนั้นจะทำการประเมินค่าคำตอบหรือหาค่าวัตถุประสงค์ในแต่ละเป้าหมายออกมา

การคัดสรรผลเฉลยที่ไม่ถูกรอบงำ (Non-dominated Sorting)

ผลเฉลยที่ไม่ถูกรอบงำคือผลเฉลยที่ได้จากอนุภาคที่ 2, 7 และ 8 ดังตัวอย่างรูปที่ 3.10

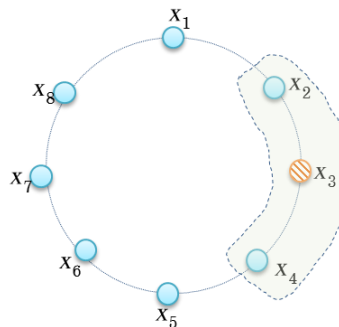


รูปที่ 3.10 การคัดสรรผลเฉลยที่ไม่ถูกรอบงำ

การปรับค่าตำแหน่ง $pbest$, $lbest$, $nbset$ และค่าน้ำหนักความเฉื่อย (Inertia weight)

- การปรับตำแหน่ง $pbest$ โดยให้ตำแหน่งปัจจุบันของอนุภาค Θ_l เป็นตำแหน่งดีที่สุดของอนุภาค Ψ_l ($pbest$) นั่นคือ $\Psi_l \leftarrow \Theta_l$ ถ้าค่าคำตอบ $Z(\Theta_l)$ ครอบงำ (Dominated) $Z(\Psi_l)$, $l = 1, 2, \dots, L$

- การปรับตำแหน่ง $lbest$ ในงานศึกษานี้ได้นำโครงสร้างเพื่อนบ้าน (Neighborhood Topologies) แบบวงแหวน (Ring) มาเพื่อใช้ในการหา $lbest$ ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการหา $lbest$ ของอนุภาคที่ 3 ดังรูปที่ 3.11 ที่กำหนดให้จำนวนเพื่อนบ้านเป็น $K = 3$ นั่นคืออนุภาคเพื่อนบ้าน รวมทั้งตัวเองที่ต้องพิจารณาในการหา $\Psi_{l=3}^L$ คืออนุภาคที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งอนุภาคที่มีตำแหน่งที่ดีที่สุดจากทั้งสามอนุภาคคือ อนุภาคที่ ดังนั้น $\Psi_{l=3}^L$ คือ $\Theta_{l=2} = [0.67, 0.48, 0.25, 0.45, 0.12, 0.5, 0.88, 0.32, 0.52, 0.08, 1, 2, 1]$



ดังรูปที่ 3.11 ตัวอย่างการหา $lbest$ ของอนุภาคที่ 3

- การปรับตำแหน่ง $nbset$ ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่า FDR ซึ่งเป็นสัดส่วนค่าวัตถุประสงค์และระยะทางในแต่ละมิติระหว่างอนุภาค แต่เนื่องจากในปัญหาหลายวัตถุประสงค์ ค่าคำตอบที่ได้จากแต่ละอนุภาคไม่ใช่ค่าเดียว ดังนั้นจึงต้องมีการปรับโดยใช้เป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละวัตถุประสงค์ ดังสมการที่ (3.22)

$$FDR = \frac{\sum_{k=1}^2 \% \Delta_k}{|\theta_{lh} - \psi_{oh}|}; \quad l \neq o \quad (3.22)$$

$$\text{เมื่อ } \% \Delta_k = \frac{[f_k(\Theta_l) - f_k(\Psi_o)]}{|f_k(\Theta_l)|}$$

- ปรับค่าน้ำหนักความเฉื่อย $w(\tau)$ ตามสมการที่ (3.23)

$$\begin{aligned} \omega_{lh}(\tau+1) = & w(\tau)\omega_{lh}(\tau) + c_p u(\psi_{lh} - \theta_{lh}(\tau)) + c_g u(\psi_{gh} - \theta_{lh}(\tau)) \\ & + c_l u(\psi_{lh}^L - \theta_{lh}(\tau)) + c_n u(\psi_{lh}^N - \theta_{lh}(\tau)) \end{aligned} \quad (3.23)$$

การปรับปรุงค่าคำตอบด้วยการค้นหาแบบเฉพาะที่ (Local Search)

เพื่อเพิ่มความสามารถในการค้นหาคำตอบเชิงลึก (Exploitation) ในงานศึกษานี้จึงได้เพิ่มการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ด้วยวิธีที่ 2-opt เพื่อปรับปรุงค่าคำตอบลำดับเส้นทาง การเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการส่งของตำแหน่งที่ดีที่สุดในแต่ละอนุภาค $pbest$ แต่เพื่อลดการสูญเสียเวลาในการประมวลผล ดังนั้นจึงกำหนดให้อนุภาคแต่ละตัวมีความน่าจะเป็น ($prob$) ในการทำการปรับปรุงค่าคำตอบดังสมการที่ (3.25)

$$prob = \frac{0.7^{front_i}}{(1 - (\tau / \Gamma))} \quad (3.25)$$

เมื่อ $rank_i$ คือระดับขอบหน้าของอนุภาคที่ i จากสมการนี้จะทำให้อนุภาคที่มีค่าระดับขอบหน้า หรือ $rank$ ที่ต่ำกว่า หรือเป็นผลเฉลยที่ครอบงำผลเฉลยอื่น เช่น ผลเฉลยที่อยู่บนขอบหน้าพาเรโต นั่นคือมีค่า $rank = 1$ มีโอกาสในการทำการปรับปรุงค่าตอบมากกว่า รวมทั้งในรอบการคำนวณแรกๆ หรือมีค่า τ ต่ำกว่าจะมีโอกาสที่จะเปิดการปรับปรุงค่าตอบมากกว่าด้วยเช่นกัน สำหรับตัวอย่างการปรับปรุงค่าตอบด้วยวิธี 2-opt จากอนุภาคที่ 2 ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นในการทำการปรับปรุงค่าคำตอบในรอบการคำนวณที่ $\tau = 1$ จากรอบการคำนวณทั้งหมด $\Gamma = 100$ พบว่ามีค่า $prob = 0.707$ เมื่อทำการสุ่มตัวเลขระหว่าง $[0,1]$ ได้เท่ากับ $rand = 0.15$ ซึ่ง $rand \leq prob$ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงค่าคำตอบลำดับเส้นทาง การเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการส่งอ้อย โดยหลักการของวิธี 2-opt จะทำโดยการเลือกคู่ลำดับในทัวร์ที่ติดกันมา 2 คู่ (a,b) และ (c,d) จากนั้นจะทำการสลับโหนดระหว่างคู่เป็น (a,d) และ (b,c) ซึ่งจะทำให้การสลับเช่นนี้ทุกคู่ แล้วเลือกทัวร์ที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเป็นผลเฉลยใหม่

การคัดเลือกตัวแทน (Elite Group) และหาผู้นำฝูง (Guidance)

สำหรับตัวอย่างการคัดเลือกตัวแทน (Elite Group) จากอนุภาคทั้งหมด 8 ตัว จะทำการคัดเลือกตัวแทนมา 4 ตัว อนุภาคที่ถูกเลือก เนื่องจากมีระดับขอบหน้าพาเรโต ($rank$) เป็น 1 จากนั้นอนุภาคที่จะถูกเลือกเป็นตัวแทนอีก 1 ตัวต้องมาจากอนุภาคที่มีระดับขอบหน้าถัดมา ($rank$) เป็น 2 แต่พบว่ามี 2 ตัวคืออนุภาคที่ 3 และ 4 ดังนั้นจึงต้องในเกณฑ์การเลือกถัดมาคือการพิจารณาค่าการวัดระยะทางความหนาแน่นของกลุ่มชน (Crowding Distance: d_i) ซึ่งได้ค่าเป็น $d_3 = d_4 = \infty$ ดังนั้นจะเลือกอนุภาคที่ 3 หรือ 4 ตัวใดตัวหนึ่งก็ได้ ถ้าเลือกอนุภาคที่ 3 จะทำให้ตัวแทน (Elite Group) ทั้งหมดประกอบด้วยอนุภาคที่ 2, 7, 8 และ 3 เพื่อใช้ในขั้นตอนการหาผู้นำฝูงซึ่งก็คือการหาค่า $y_{R1,h}$, $y_{R2,h}$, $E_{1,h}$ และ $E_{2,h}$ ต่อไป

การปรับความเร็วของอนุภาคและตำแหน่ง

เมื่อได้ค่า $y_{R1,h}$, $y_{R2,h}$, $E_{1,h}$ และ $E_{2,h}$ จากขั้นตอนที่แล้ว จากนั้นนำมาแทนในสมการที่ (3.26) - (3.29) เพื่อทำการปรับความเร็วของอนุภาค

กลยุทธ์ที่ 1 (Ms1):

$$\omega_{lh}(\tau+1) = w(\tau)\omega_{lh}(\tau) + c_p u(\psi_{lh} - \theta_{lh}(\tau)) + c_l u(\psi_{lh}^L - \theta_{lh}(\tau)) + c_n u(\psi_{lh}^N - \theta_{lh}(\tau)) \quad (3.26)$$

กลยุทธ์ที่ 2 (Ms2):

$$\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u(y_{R1,h} - \theta_{lh}(\tau)) \quad (3.27)$$

กลยุทธ์ที่ 3 (Ms3):

$$\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u[(E_{1,d} - \theta_{lh}(\tau)) + (E_{1,d} - E_{2,d})] \quad (3.28)$$

กลยุทธ์ที่ 4 (Ms4):

$$\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u(y_{R1,h} - y_{R2,h}) \quad (3.29)$$

โดยอนุภาคแต่ละตัวจะเลือกใช้กลยุทธ์ในการเคลื่อนที่แตกต่างกันซึ่งมีทั้งหมด 7 กลยุทธ์ Ms1 – Ms7 จะได้ความเร็วของรอบการคำนวณถัดไป $\omega_{lh}(\tau+1)$ แล้วนำไปแทนค่า เพื่อหาตำแหน่งใหม่ของอนุภาคเพื่อใช้ในการคำนวณในรอบถัดไป $\theta_{lh}(\tau+1), l=1,2,...,L$

โดยขั้นตอนการค้นหาค่าจะดำเนินการซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงเงื่อนไขการหยุดค้นหาคำตอบ เช่น

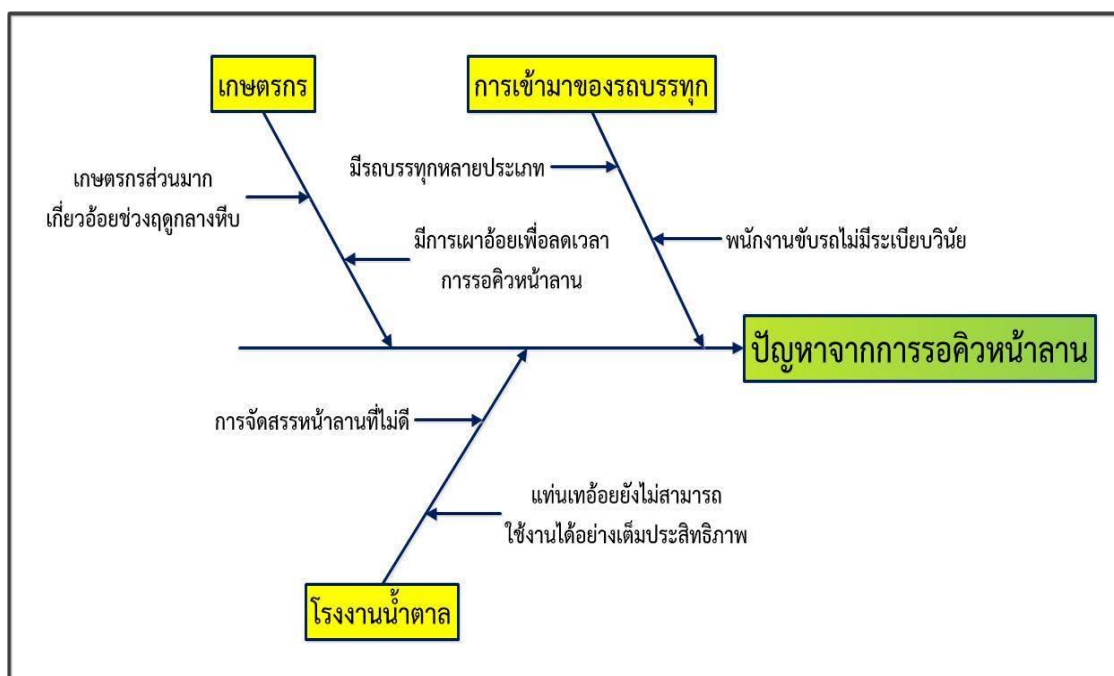
- ดำเนินการค้นหาคำตอบจนกระทั่งถึงรอบสุดท้าย Γ ที่กำหนดไว้

- ได้คำตอบหรือผลเฉลยบนพารามิเตอร์ เป็นชุดคำตอบเดียวกันตามจำนวนรอบการคำนวณที่ตั้งไว้ เช่น ได้ชุดคำตอบเดิมซ้ำกัน 50 รอบ กระบวนการค้นหาคำตอบก็จะหยุดลง

3.5 การจำลองสถานการณ์ในกระบวนการบริหารจัดการหน้าลานภายใต้ข้อจำกัดของโรงงานน้ำตาล

3.5.1. ศึกษากระบวนการขนส่งและการจัดการหน้าลานอ้อย ในส่วนของกิจกรรมโลจิสติกส์เข้าด้านการเพาะปลูกอ้อย ด้านการเก็บเกี่ยวอ้อย ด้านการขนส่ง และด้านการบริหารจัดการหน้าลานอ้อย โดยจะเน้นให้ความสำคัญในส่วนของกิจกรรมการขนส่งและการบริหารจัดการหน้าลานอ้อยเป็นหลัก โดยจะเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับคิวที่ลานนอก ไปจนถึงการจัดการคิวที่ลานใน และการจัดการแท่นอ้อยในปัจจุบัน

3.5.2. กำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดเวลาในการรอคอยหน้าลานอ้อยยาวนาน รวมถึงการการจัดสรรแท่นอ้อยที่ไม่เหมาะสม โดยประยุกต์แผนผังก้างปลาตั้งตัวอย่างในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ปัญหาที่ทำให้เกิดการรอคิวหน้าลานเทอ้อย

เนื่องจากในปัจจุบันเวลาถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อค่าความหวานของอ้อยในการผลิตน้ำตาล ซึ่งถ้าหากมีการการรอคอยเป็นเวลานานจะทำให้อ้อยมีค่าความหวานต่ำลง และแปรรูปเป็นน้ำตาลต่อตันอ้อยได้ลดลง จากการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการรอคอยหน้าลานของรถบรรทุกอ้อย เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ดังนี้

3.5.2.1 เกษตรกร: จากการที่เกษตรกรส่วนใหญ่ทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงเวลาเดียวกันคือช่วงเวลากลางหีบ ส่งผลให้ปริมาณรถบรรทุกอ้อยที่เข้ามายังโรงงานมีปริมาณมาก และเกินกำลังการผลิตน้ำตาลของโรงงาน นอกจากนี้เกษตรกรบางกลุ่มได้ทำการเผาอ้อยเพื่อที่ทำการแทรกคิว เนื่องจากอ้อยที่ถูกเผามีค่าประสิทธิภาพความหวานลดลงเร็วกว่าอ้อยสด จึงทำให้ทางโรงงานต้องจัดสรรคิวให้อ้อยไฟไหม้ก่อน

3.5.2.2 การเข้ามาของรถบรรทุก: เนื่องจากการเข้ามาของรถบรรทุกที่มายังหน้าลานของโรงงานมีหลายประเภทในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ยากต่อการบริหารจัดการในการจัดลำดับคิวเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากอยู่ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนสูง และไม่สามารถทำได้ง่ายด้วยการคำนวณมือ

3.5.2.3 โรงงานน้ำตาล: จากการลงสำรวจข้อมูลภาคสนาม เบื้องต้นพบว่าปัจจุบันการให้บริการแท่นเทอ้อยในการถ่ายเทอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตยังเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพและเกิดการใช้งานแท่นเทไม่เต็มกำลัง ทำให้บางช่วงเวลามีการรอคอยสูง ในขณะที่บางช่วงเวลาแท่นเทมีการว่างงาน ทั้งนี้เกิดจากการจัดสรรแท่นเทไม่สอดคล้องกับการเข้ามาของรถบรรทุก

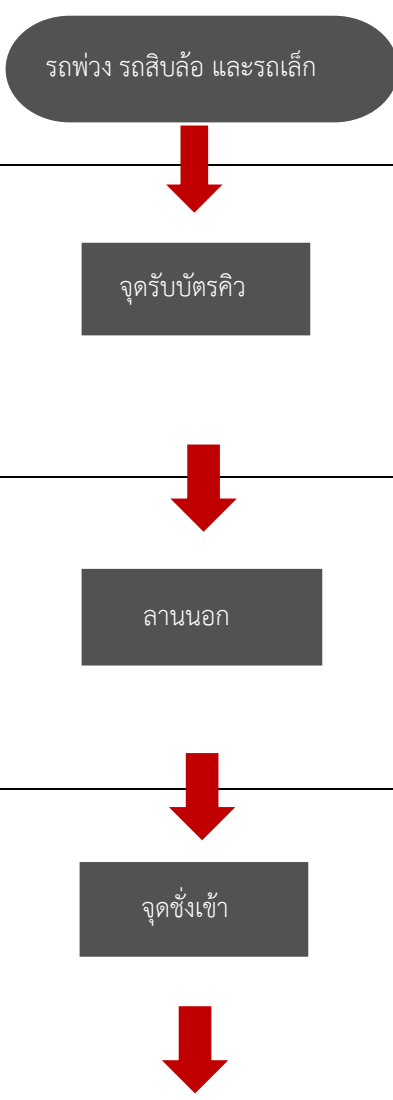
ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดสรรหน้าโรงงานน้ำตาลที่ดีขึ้น จึงได้ศึกษาเป้าหมายในการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรแท่นเทอ้อยให้สอดคล้องกับการเข้ามาของรถบรรทุก ซึ่งจะช่วยลดเวลาที่อยู่ในระบบของรถขนส่งอ้อย (Time in system) ให้สั้นลง และจะส่งผลให้เกิดการลดการสูญเสียค่าความหวานของอ้อยจากการรอคอยที่ยาวนานลงได้

3.5.3. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่งและการจัดการหน้าลานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาที่จำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์

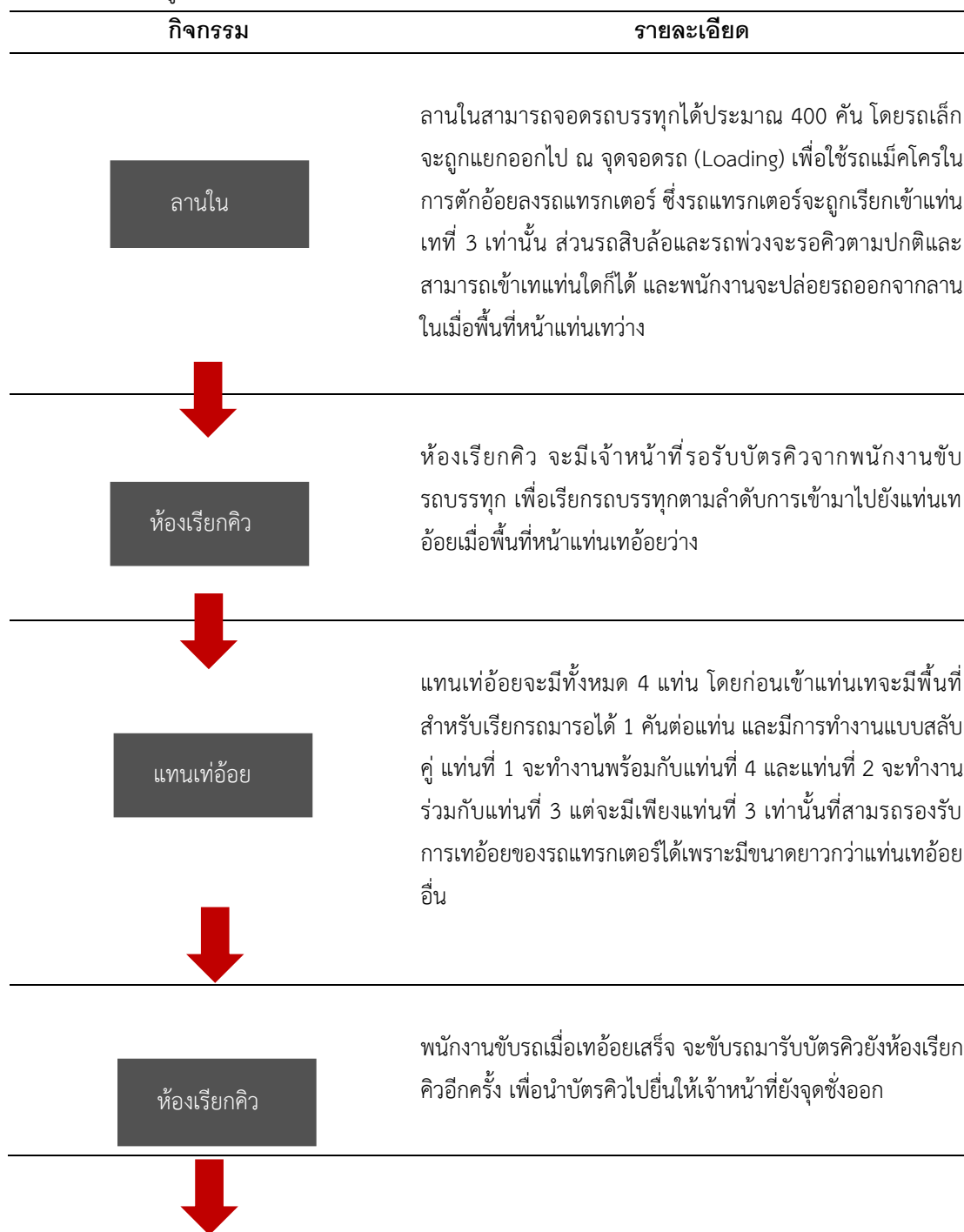
3.5.3.1 แผนภูมิการไหล (Flow process chart)

เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาแบบจำลอง รวมถึงเห็นภาพครอบคลุมปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถเป็นตัวแทนของระบบที่จะนำมาพัฒนากลยุทธ์ที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงได้จึงได้ทำการศึกษาระบบด้วยแผนภูมิการไหล (Flow process chart) โดยกิจกรรมจะประกอบไปด้วยทั้งหมด 9 กิจกรรม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แผนภูมิการไหลกิจกรรมการส่งอ้อยที่หน้าลานของโรงงาน

กิจกรรม	รายละเอียด
	วัตถุที่เริ่มเข้ามาในกระบวนการ คือ รถพ่วง รถสิบล้อ และรถเล็ก (รถอีแต๊ก, รถอีแต่น)
จุดรับบัตรคิว	จุดรับบัตรคิว จะมีเจ้าหน้าที่ยื่นบัตรคิวให้กับพนักงานขับรถ และยังเป็นจุดที่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพในการบรรทุกทุกเบื้องต้นอีกด้วย โดยจะมีเส้นกำหนดความสูงในการบรรทุกอ้อยซึ่งระดับความสูงต้องไม่เกิน 2.5 เมตร
ลานนอก	ลานนอกสามารถจอดรถบรรทุกได้ประมาณ 600 คัน และรถบรรทุกต้องเข้ามาอย่างน้อย 40 คัน ในรอบแรกก่อนถึงจะเริ่มกระบวนการทำงาน โดยจะปล่อยรถบรรทุกที่ละ 10-15 คัน เพื่อไปยังจุดชั่งเข้า
จุดชั่งเข้า	มีหน้าที่ซึ่งการเข้ามาของรถบรรทุก เพื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของอ้อย และระบุประเภทของอ้อยที่รถบรรทุกเข้ามา โดยจะทำการส่งสัญญาณในการเรียกรถบรรทุกเข้ามาจากลานนอกเข้ามาที่ละ 10 คัน

ตารางที่ 3.2 แผนภูมิการไหลกิจกรรมการส่งอ้อยที่หน้าลานของโรงงาน (ต่อ)

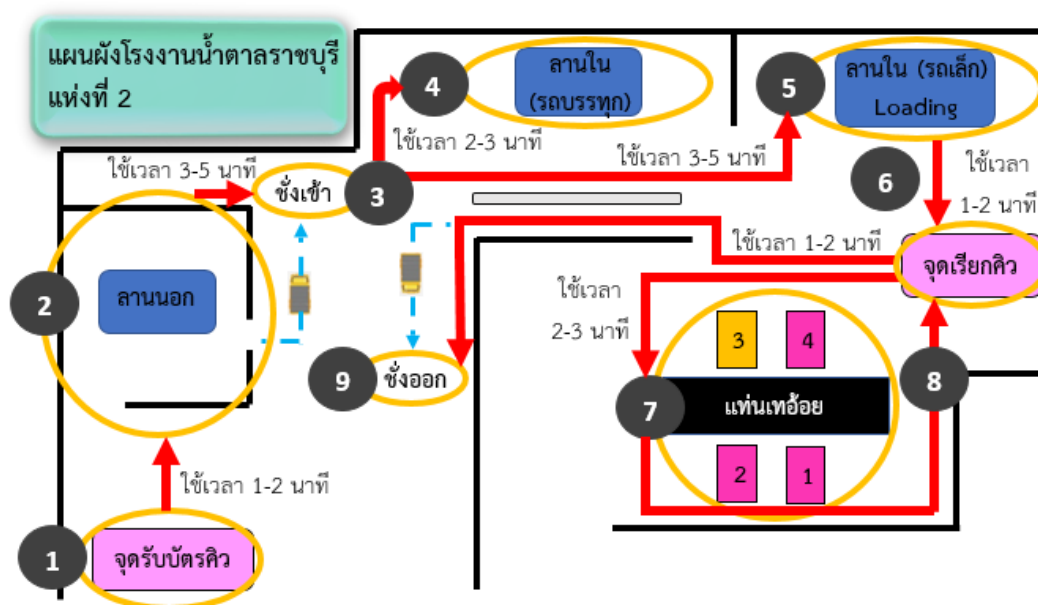


ตารางที่ 3.2 แผนภูมิการไหลกิจกรรมการส่งอ้อยที่หน้าลานของโรงงาน (ต่อ)

กิจกรรม	รายละเอียด
จุดชั่งออก ↓	พนักงานขับรถจะนำบัตรคิวมายื่นให้เจ้าหน้าที่ ณ จุดชั่งออก เพื่อชั่งน้ำหนักรถบรรทุกทุกเพล่าหลังจากกระบวนการเทเสร็จสิ้นเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักก่อนชั่งและหลังชั่ง
เสร็จสิ้นกระบวนการ	รถบรรทุกทุกประเภทต่างๆ ออกจากระบบ เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน

3.5.3.2 แผนผังโรงงานกรณีศึกษา

เพื่อให้เห็นภาพการไหลของวัตถุดิบในกระบวนการจัดการหน้าลานของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้ทำการจัดทำแผนผังของโรงงานกรณีศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยประกอบด้วยกิจกรรมหลักทั้งหมด 9 จุด ดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 3.13 แผนผังโรงงานกรณีศึกษา

จุดที่ 1 จุดรับบัตรคิว



รูปที่ 3.14 ลักษณะจุดรับคิว

โดยที่จุดรับบัตรคิว จะมีเจ้าหน้าที่ยื่นบัตรคิวให้กับพนักงานขับรถ โดยใช้เวลาประมาณ 1-2 นาทีต่อคันมีรถบรรทุก 3 ประเภทเข้ามาคือ (1) รถสิบล้อ (2) รถพ่วง และ (3) รถเล็ก

จุดที่ 2 ลานนอก



รูปที่ 3.15 ลักษณะลานนอก

ลานนอกสามารถจอดรถบรรทุกได้ประมาณ 600 คัน และเนื่องจากปัจจุบันอ้อยที่เข้ามาในช่วงแรกของการส่งออก (หลังเที่ยงคืนจนกระทั่งประมาณ 10.00 น.) ปริมาณรถที่เข้ามายังมีค่อนข้างน้อย ทำให้หากเริ่มการผลิตรอบใหม่ของวันจะทำให้ไม่คุ้มทุนต่อหน่วยการผลิต ดังนั้นในช่วงต้นของรอบวันทำการถัดไปจะกำหนดให้รถบรรทุกต้องเข้ามาอย่างน้อย 40 คัน ในรอบแรกก่อนถึงจะเริ่มกระบวนการทำงาน โดยจะปล่อยรถบรรทุกที่ละ 10-15 คัน เพื่อไปยังจุดซังเข้า

จุดที่ 3 จุดชั่งเข้า



รูปที่ 3.16 ลักษณะจุดชั่งเข้า

จุดชั่งเข้าจะใช้เวลาในการชั่งน้ำหนักประมาณ 2-3 นาทีต่อคัน โดยจะชั่งให้ครบรอบละ 10-15 คัน จึงจะเรียกรถรอบใหม่เข้ามา ซึ่งจะชั่งน้ำหนักรวมทั้งรถบรรทุกและอ้อย คือ จุดที่รถบรรทุกเทอ้อยเสร็จแล้วหลังจากนั้นจะเข้ามาชั่งรถเปล่าเพื่อคำนวณหาน้ำหนักของอ้อยที่มาส่งยังโรงงาน

จุดที่ 4 ลานใน



รูปที่ 3.17 ลักษณะลานใน

เป็นที่สำหรับจอดรถสิบล้อและรถพ่วง ลานในสามารถจอดรถบรรทุกได้ประมาณ 400 คัน และการปล่อยรถไปสถานที่ต่อไปจะปล่อยเมื่อจุดเรียกคิวเรียกรถ

จุดที่ 5 จุดเปลี่ยนถ่ายอ้อยจากรถเล็กไปยังรถหัวลาก



รูปที่ 3.18 ลักษณะจุดเปลี่ยนถ่ายอ้อยจากรถเล็กไปยังรถหัวลาก

รถเล็ก จะถูกแยกออกไป ณ จุดจอดรถ (Loading) เพื่อใช้รถแม็คโครในการตักอ้อยลงรถแทรกเตอร์โดยจะใช้รถเล็ก 5 คันต่อแทรกเตอร์ ใช้เวลาในการโหลดประมาณคันละ 20 นาที และรถแทรกเตอร์จะถูกเรียกเข้าแท่นเทที่ 3 เท่านั้น

จุดที่ 6 จุดเรียกคิว



รูปที่ 3.19 ลักษณะจุดเรียกคิว

เมื่อรถบรรทุกมาจอดยังลานใน เจ้าหน้าที่เรียกคิวตามลำดับการมาถึงแต่จะเรียกเมื่อพื้นที่หน้าแท่นเทอ้อยว่าง โดยจะใช้คิวแบบมาก่อนให้บริการก่อน (First Come First Serve) โดยใช้เวลาในการเรียก 1 นาที

จุดที่ 7 แท่นเทอ้อย



รูปที่ 3.20 ลักษณะแท่นเทอ้อย

แท่นเทมีการทำงานแบบสลับคู่ แท่นที่ 1 จะทำงานพร้อมกับแท่นที่ 4 และแท่นที่ 2 จะทำงานร่วมกับแท่นที่ 3 แต่จะมีเพียงแท่นที่ 3 เท่านั้นที่สามารถรองรับการเทอ้อยของรถแทรกเตอร์ได้โดยจะใช้เวลาในการทำงาน ดังนี้ รถสับล้อ ใช้เวลา 5-6 นาที รถพ่วง ใช้เวลา 9-10 นาที และรถแทรกเตอร์ ใช้เวลา 5-6 นาที

จุดที่ 8 รับคิวออก



รูปที่ 3.21 ลักษณะรับคิวออก

เมื่อเทอ้อยเสร็จ พนักงานขับรถจะขับรถมารับบัตรคิวยังห้องเรียกคิวอีกครั้ง เพื่อนำบัตรคิวไปยื่นให้เจ้าหน้าที่ยังจุดช่องออก โดยจะใช้เวลาในการรับบัตรคิว 2 นาที

จุดที่ 9 จุดชั่งออก



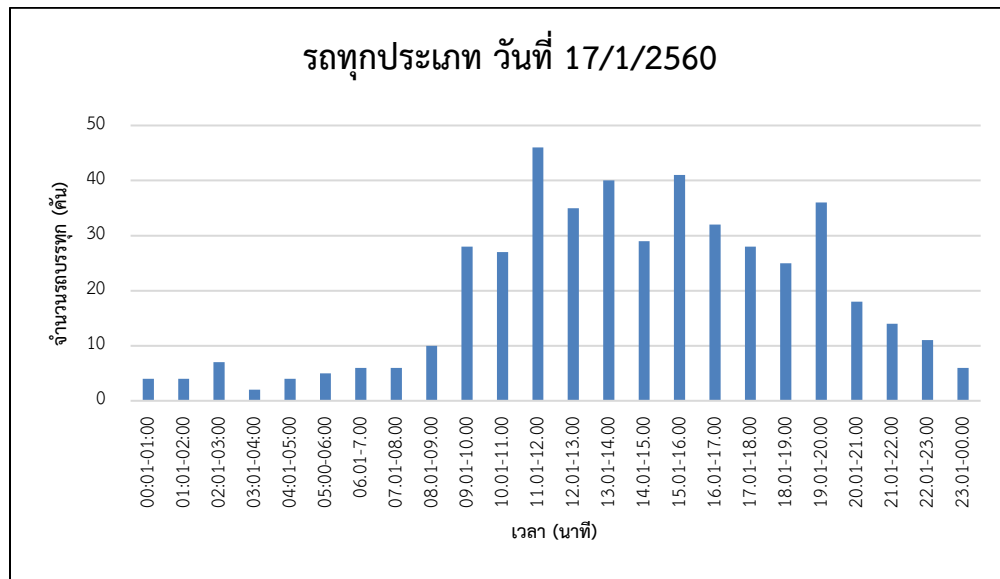
รูปที่ 3.22 ลักษณะจุดชั่งออก

จุดชั่งเข้าจะใช้เวลาในการชั่งน้ำหนักประมาณ 2-3 นาที/คัน เมื่อรถบรรทุกเทอ้อยเสร็จแล้วหลังจากนั้นจะเข้ามาซึ่งรถเปล่า เพื่อคำนวณน้ำหนักของอ้อยที่มาส่งยังโรงงาน

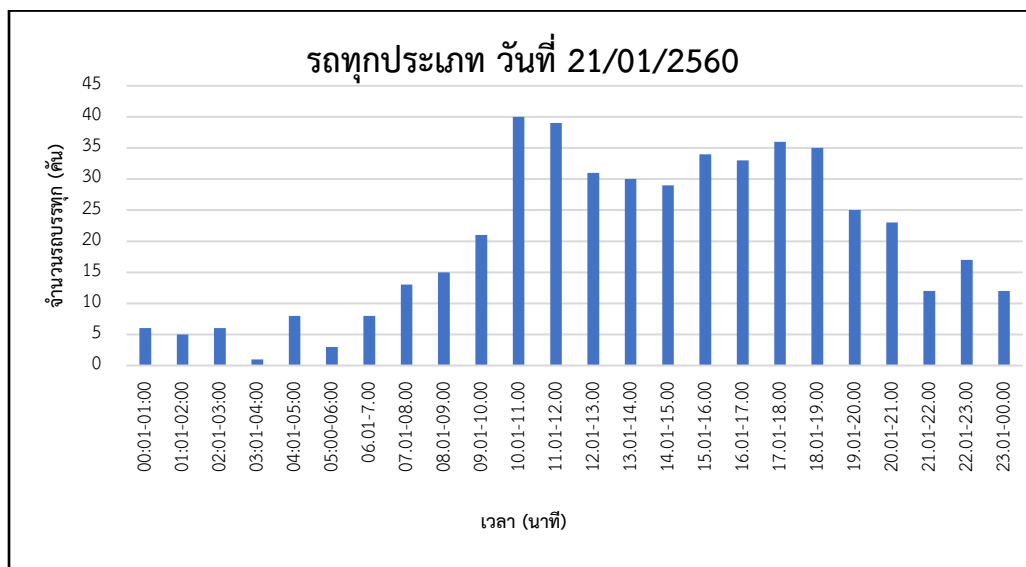
3.5.3.3 ข้อมูลการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อย

จากการเก็บข้อมูลการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยตั้งแต่เปิดหีบคือช่วงปลายเดือนธันวาคมจนถึงประมาณสิ้นเดือนกุมภาพันธ์ พบว่าแต่ละวันแนวโน้มระยะห่างช่วงเวลากการเข้ามาของรถบรรทุกเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังตัวอย่างกราฟแสดงปริมาณรถบรรทุกที่เข้ามาในแต่ละช่วงเวลาของวันที่ 17 มกราคม 2560 และวันที่ 21-23 มกราคม 2560 ดังรูปที่ 3.23 – 3.26 ตามลำดับ

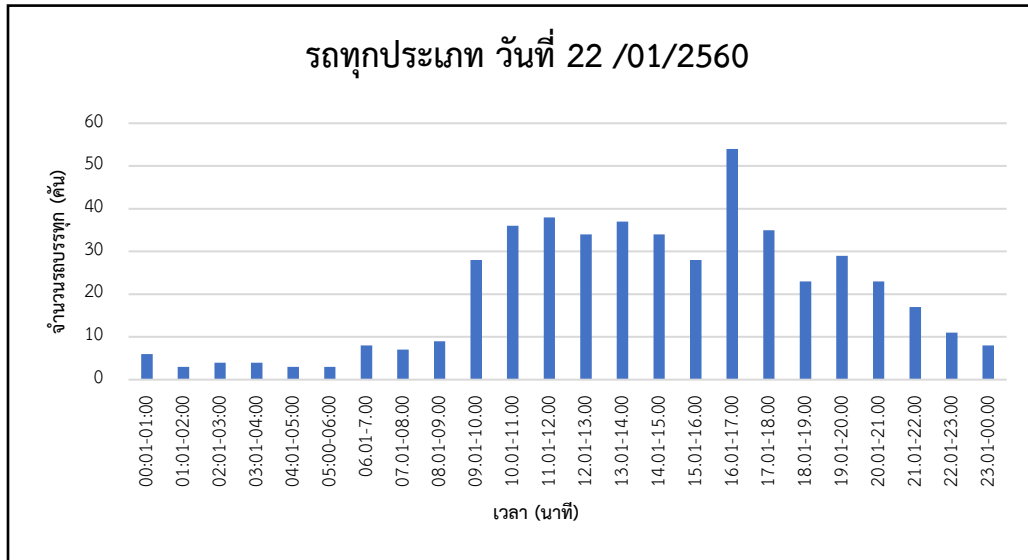
1) ปริมาณรถบรรทุกที่เข้ามาในแต่ละช่วงเวลา



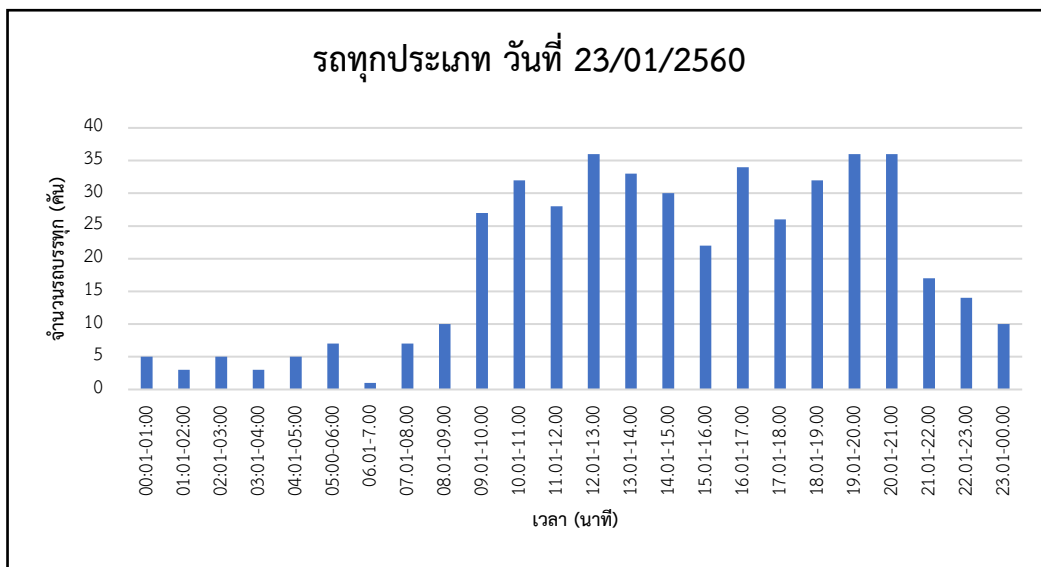
รูปที่ 3.23 ปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 17 มกราคม 2560



รูปที่ 3.24 ปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 21 มกราคม 2560



รูปที่ 3.25 ปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 22 มกราคม 2560



รูปที่ 3.26 ปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 23 มกราคม 2560

จากการตัวอย่างข้อมูลปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยในแต่ละช่วงเวลาดังรูปกราฟการแจกแจงที่แสดงข้างต้น จะเห็นได้ว่าลักษณะข้อมูลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยสามารถอธิบายลักษณะของปริมาณการเข้าออกเป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้

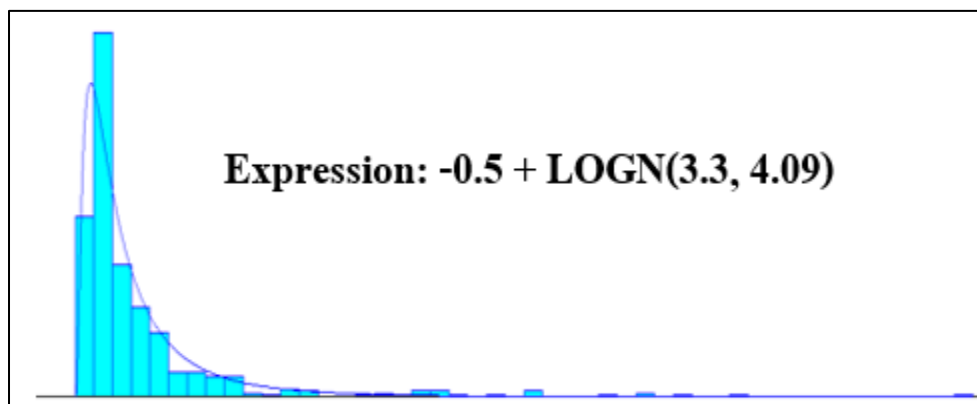
ช่วงที่ 1 เวลา 00.00 น. - 09.00 น. รถบรรทุกมีการเข้ามาค่อนข้างน้อย เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ค่อนข้างตึก และรถบรรทุกไม่นิยมขนส่งอ้อยในช่วงเวลานั้นเพราะความเสี่ยงจากการเดินทาง และเป็นช่วงเวลาในการพักผ่อน ประกอบกับเจ้าหน้าที่ของโรงงานในช่วงเวลานั้นมีน้อย ทำให้เมื่อรถบรรทุกถึงต้องรอเวลาปฏิบัติการของเจ้าหน้าที่

ช่วงที่ 2 เวลา 09.00 น. - 21.00 น. รถบรรทุกเริ่มเข้ามาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาการทำงานปกติของโรงงาน ประกอบกับสอดคล้องกับช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่ต้องทำให้ช่วงกลางวัน ซึ่งอ้อยจะเป็นพืชผลที่เก็บเกี่ยวแล้วจะขนขึ้นรถบรรทุกทันที โดยไม่มีการทิ้งไว้หน้าแปลง ดังนั้นเวลาเก็บเกี่ยวและเวลาในการขนส่งจึงสัมพันธ์กัน

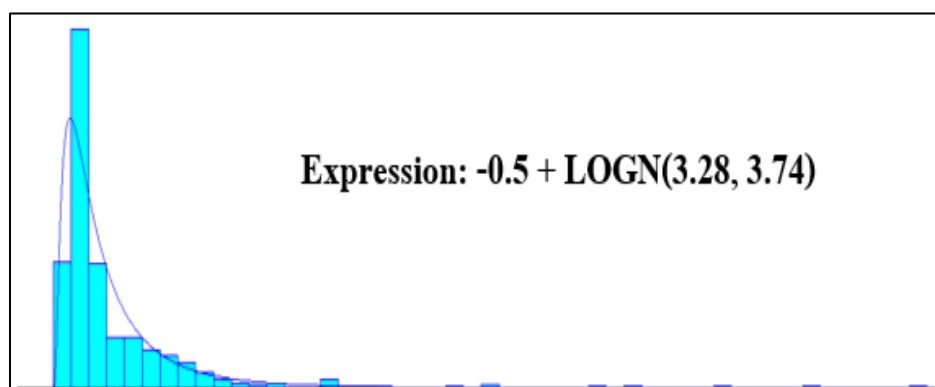
ช่วงที่ 3 เวลา 21.00 น. - 00.00 น. รถบรรทุกอ้อยยังมีจำนวนมาก แต่มีแนวโน้มลดลง

2) การวิเคราะห์การแจกแจงของช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อย

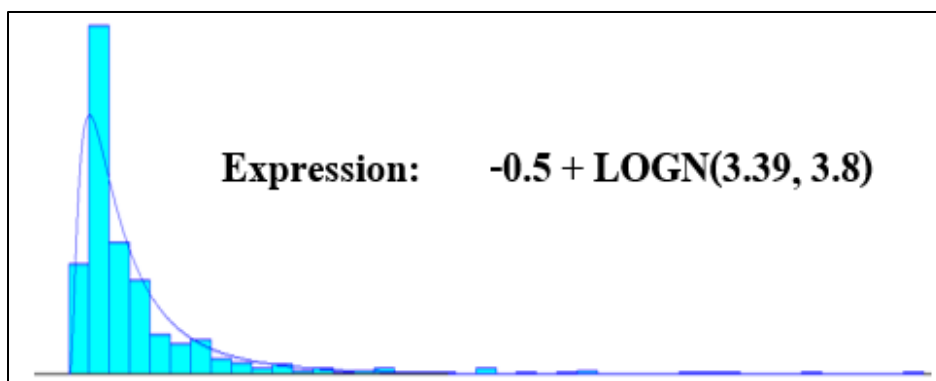
ในส่วนนี้จะเป็นการนำข้อมูลช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกของแต่ละวันมาทำการวิเคราะห์การแจกแจงด้วย Input analyzer ในโปรแกรมอะรีน่า ซึ่งแสดงผลการแจกแจงของข้อมูลดังรูปที่ 3.27 – 3.30



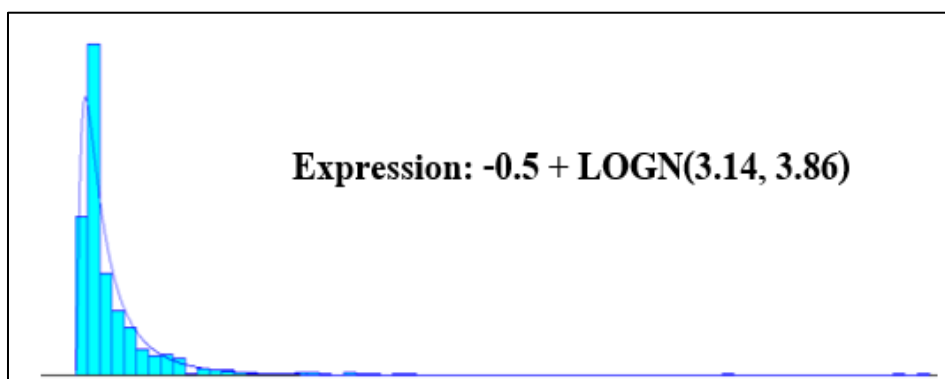
รูปที่ 3.27 การแจกแจงช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 17 มกราคม 2560



รูปที่ 3.28 การแจกแจงช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 21 มกราคม 2560



รูปที่ 3.29 การแจกแจงช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 22 มกราคม 2560

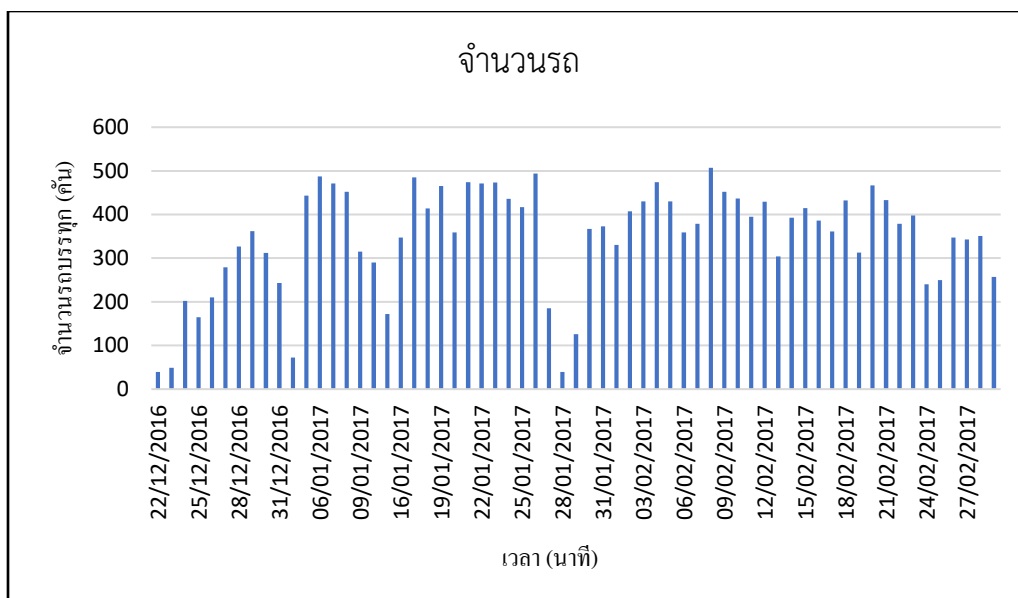


รูปที่ 3.30 การแจกแจงช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยวันที่ 23 มกราคม 2560

จากข้อมูลปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยและรูปการแจกแจงช่วงเวลาทางการเข้าม้างข้างต้น จะเห็นว่าแต่ละวันการเข้ามาของรถบรรทุกจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือช่วงที่ 1 เวลา 00.00 น. - 09.00 น. ปริมาณรถจะเข้ามาน้อยทำให้ช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถแต่ละคันค่อนข้างห่างกัน ส่วนช่วงที่ 2 เวลา 09.00 น. - 21.00 น. รถบรรทุกจะทยอยเข้ามาในระบบมากขึ้นจากความพร้อมของคนขับและกระบวนการเก็บเกี่ยว และทยอยเข้ามาเรื่อยจนถึงช่วงที่ 3 เวลา 21.00 น. - 00.00 น. ที่แนวโน้มการเข้ามามีจะลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลการแจกแจงช่วงเวลาทางการเข้ามาของรถบรรทุกแต่ละวันมีลักษณะที่เหมือนกัน สำหรับข้อมูลการแจกแจงการเข้ามาของรถบรรทุกในวันอื่นๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ก

3) ปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกในแต่ละวัน

จากการรวบรวมข้อมูลของโรงงานน้ำตาลกรณศึกษาในฤดูหีบ 2559/2560 ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2560 สามารถสรุปข้อมูลปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกในแต่ละวัน ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 ปริมาณการเข้ามาของรถบรรทุกในแต่ละวัน

จากรูปที่ 3.31 แสดงข้อมูลการแจกแจงข้อมูลปริมาณรถบรรทุกทั้งหมดที่เข้ามาในแต่ละวัน จะเห็นได้ว่าช่วงปลายเดือนธันวาคมมีรถบรรทุกเข้ามาค่อนข้างน้อยมาก เนื่องจากเป็นช่วงปิดหีบของโรงงานรถที่เข้ามาจึงยังค่อนข้างน้อยอยู่ แต่ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะมีรถบรรทุกเข้ามาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นช่วงที่โรงงานเปิดหีบเต็มกำลัง และคนงานทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ รถที่เข้ามาจึงมีเป็นจำนวนมาก สำหรับช่วงต้นเดือนมกราคมกับช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์รถเข้ามาค่อนข้างน้อย เนื่องจากเป็นช่วงงานเทศกาลปีใหม่และช่วงงานเทศกาลตรุษจีน เกษตรกรและคนขับส่วนใหญ่ทำการหยุดขนส่งอ้อย ทำให้รถที่เข้ามายังโรงงานเลยมีจำนวนน้อยกว่าปกติ

3.5.3.4 ข้อมูลเวลาให้บริการของแต่ละกิจกรรม

จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลและจับเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมในกระบวนการทำงานของโรงงานกรณีศึกษา จะได้ข้อมูลเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมสรุปดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เวลาให้บริการของแต่ละกิจกรรม

ข้อมูล	เวลา
การรับบัตรคิวขาเข้าต่อนัน	1 นาที
การชั่งเข้าต่อนัน	2 นาที
การเทอ้อยของรถสิบล้อ	9-9.5 นาที
การเทอ้อยของรถพ่วง	18-22 นาที
การเทอ้อยของรถแทรกเตอร์	9-9.5 นาที
การเรียกคิวเข้าแท่นเทต่อนัน	1 นาที
การรับบัตรคิวขาออกต่อนัน	2 นาที
การชั่งออกต่อนัน	2 นาที

3.5.3.5 ข้อมูลเวลาในการเดินทางระหว่างกิจกรรม

เนื่องจากแต่ละตำแหน่งของกิจกรรมมีที่ตั้งที่ห่างไกลกัน ทำให้เวลาในการเดินทางระหว่างกิจกรรมมีผลต่อแบบจำลองสถานการณ์ ดังนั้นจึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เวลาในการเดินทางระหว่างกิจกรรม

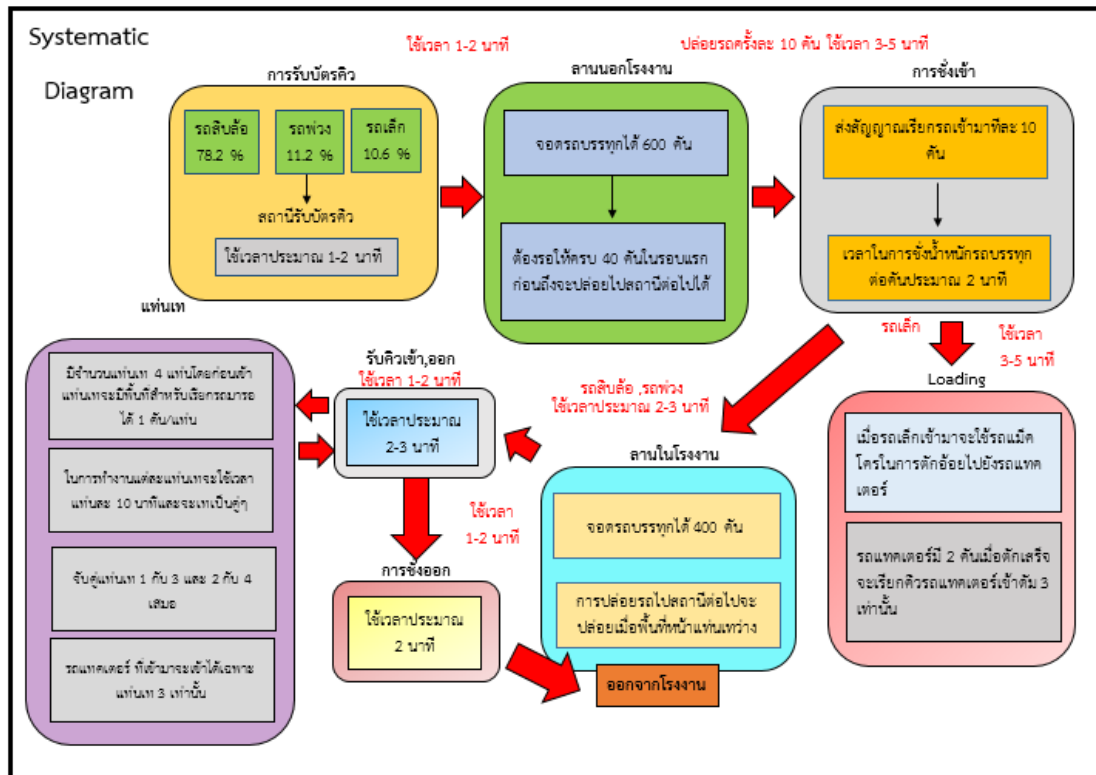
ข้อมูล	เวลา
การปล่อยรถจากลานนอกไปยังจุดชั่งเข้า	1 นาที
การปล่อยรถจากจุดชั่งเข้าไปยังลานในของรถสิบล้อและรถพ่วง	1 นาที
การปล่อยรถจากจุดชั่งเข้าไปยังลานในของรถเล็ก	3 นาที
การปล่อยรถจากลานในไปยังแท่นเทอ้อย	1 นาที
การปล่อยรถจากแท่นเทไปยังจุดรับคิวขาออก	1 นาที
การปล่อยรถจากจุดรับคิวขาออกไปยังจุดชั่งออก	2 นาที

3.5.4. พัฒนาและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการทำงานในปัจจุบัน โดยใช้โปรแกรมอาริน่า สำหรับระบบที่สนใจในงานศึกษานี้ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลักที่สำคัญ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดส่วนประกอบของระบบ

องค์ประกอบ	รายละเอียด
เอนทิตี (Entity)	วัตถุในระบบที่สนใจ นั่นคือ รถบรรทุกอ้อย
คุณสมบัติ (Attribute)	คุณสมบัติของวัตถุ จำแนกตาม ประเภทรถบรรทุก คือรถสิบล้อ รถพ่วง และรถเล็ก
กิจกรรม (Activity)	สิ่งที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ เช่น การขนส่ง การขนั้ น้ำหนัก การเทอ้อย เป็นต้น
สถานะ (State)	ตัวบ่งชี้สถานะของระบบ เช่น เวลาของระบบ เป็นต้น
เหตุการณ์ (Event)	สิ่งที่เกิดขึ้นและส่งผลต่อการเปลี่ยนสถานะของตัวแปร เช่น เข้ามารับบริการ สิ้นสุดการรับบริการ ออกจากโรงงาน เป็นต้น
ตัวแปรสถานะ (State variable)	ตัวแปรที่บ่งชี้สถานะของระบบที่สนใจ เช่น จำนวนรถบรรทุกที่รอคอยในระบบ เวลารอคอยในระบบ จำนวน แท่นเทอ้อยที่กำลังทำงาน เป็นต้น

ทั้งนี้ต้องมีการวางโครงสร้างระบบการไหล (Systematic diagram) ของวัตถุ (Entity) ผ่านแต่ละกระบวนการ (Process) ให้ชัดเจนและสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การง่ายจากการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับระบบที่สนใจ คือส่วนของการบริหารจัดการหน้าลานโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษา โดยเริ่มตั้งแต่วัตถุที่สนใจ (Entity) หรือรถบรรทุกแต่ละประเภทเข้ามาในระบบ ผ่านกระบวนการต่างๆ จนกระทั่งเทอ้อยที่แท่นเทอ้อยเพื่อส่งอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งสามารถสรุปภาพรวมของระบบได้ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 โครงสร้างระบบการไหล (Systematic diagram)

จากรูปที่ 3.32 จะเห็นว่าโครงสร้างระบบการไหลของกระบวนการทำงานของโรงงานน้ำตาลมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อน ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมไว้ในภาคผนวก ข

3.5.5. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งระบบซึ่งในการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์จะมีทั้งการตรวจสอบ ควบคุม และประเมินระบบว่ามีเงื่อนไขที่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ (Verification) รวมไปถึงการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้กับข้อมูลจริงของกรณีศึกษา (Validation) เพื่อจะทำให้แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องแม่นยำ และใช้เป็นตัวแทนระบบได้จริง

3.3.5.1 ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Verified)

หลังจากขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบงานปัจจุบันแล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยทำการทดสอบกลไกการไหลของ Entity ซึ่งในแบบจำลองจะกำหนดให้ Entity เป็นการเข้ามาของรถบรรทุกแต่ละชนิด ซึ่งจากการตรวจสอบเงื่อนไขของระบบที่กำหนดไว้ เช่น ในช่วงเวลาแรกของวันต้องมีจำนวนรถบรรทุกมากกว่า 40 คันขึ้นไปจึงจะปล่อยไปยังขั้นตอนการทำงานต่อไป รวมถึงการปล่อยรถบรรทุกที่ละ 10 คันจากบริเวณลานนอกไปยังบริเวณลานใน เป็นต้น ซึ่งจากการตรวจสอบแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามทุกเงื่อนไขที่กำหนดไว้ แสดงว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองสถานการณ์การจัดการหน้าลานของโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษามีความถูกต้อง

3.3.5.2 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลองในการเลียนแบบระบบจริง (Validation) และออกแบบการทดลอง (Experimental)

เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเสร็จแล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถเป็นตัวแทนของระบบการทำงานจริงได้หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์กับข้อมูลจากระบบงานปัจจุบัน เช่น ระยะเวลาในระบบของรถบรรทุก แบบจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการที่แออัดที่แท่นเทในแต่ละวัน โดยค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ต้องมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง และมีค่าความคลาดเคลื่อน (Half width) ไม่เกินร้อยละ 5 (95% confidence interval) ของข้อมูลค่าจริงในปัจจุบัน จึงจะสรุปได้ว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถเป็นตัวแทนของระบบงานปัจจุบันได้

1) การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง ขั้นแรกจำเป็นต้องกำหนดข้อมูลต่างๆ ที่ใช้สำหรับการกำหนดค่า Run Setup โดยข้อมูลของระบบการจัดการหน้าลานของโรงงานกรณีศึกษาที่นำมาสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้ข้อมูลเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกสลิปของเฉลี่ยในหนึ่งวัน จำนวน 462 คัน (อ้างอิงข้อมูลวันที่ 10/02/2017) โดยมีเวลาในการทำงาน 36 ชั่วโมงต่อวัน จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดค่า Run Setup รวมถึงค่าที่ได้จากข้อมูลของระบบงานปัจจุบันได้แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลสำหรับกำหนดค่า Run Setup

ข้อมูล	เวลา	หน่วย
เวลาที่อยู่ในระบบของข้อมูลจริง	339.85	นาที
Half width ของระบบปัจจุบัน (ที่กำหนด)	± 16.99	นาที
Replications Length	1	วัน
Hours per Day	36	ชั่วโมง
Base Time Units	-	นาที

หมายเหตุ : ค่า Half width คัดจาก 5% ของเวลาที่อยู่ในระบบ

2) ทดลองประมวลผลที่ 10 รอบการประมวลผลซ้ำ เพื่อหาเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุก โดยจะนำค่าเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกที่ได้จากการประมวลผลที่ 10 รอบการประมวลผลซ้ำ มาคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้คำนวณหากรอบการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสม ทั้งนี้ค่า Half width ของการประมวลผล 10 รอบการประมวลผลซ้ำมีค่าเท่ากับ 59.80 นาที ซึ่งมากกว่าค่า Half width ที่กำหนด โดยค่าเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกที่ได้จาก 10 รอบการประมวลผลซ้ำในแต่ละรอบ แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกของ 10 รอบการประมวลผลซ้ำ

รอบการประมวลผลซ้ำ	เวลาที่อยู่ในระบบ (ชั่วโมง)
1	365.02
2	292.33
3	354.52
4	429.82
5	457.98
6	377.01
7	185.07
8	285.07
9	388.17
10	255.76
เฉลี่ย	339.07

จากตารางที่ 3.7 แสดงค่าเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกใน 10 รอบการประมวลผลซ้ำ เพื่อจะนำมาคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการที่ (3.30)

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน} = S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.30)$$

$$= 83.60 \text{ นาที}$$

โดยที่ X = ค่า waiting time ในแต่ละรอบการประมวลผลซ้ำ
 $\bar{X}$ = ค่า waiting time เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 339.07 นาที
 n = จำนวนรอบในการประมวลผลซ้ำมีค่าเท่ากับ 10

หลังจากการคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการคำนวณหาจำนวนรอบในการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสมจากสมการที่ (3.31)

$$n \cong Z^2_{1-(\frac{\alpha}{2})} \frac{S^2}{h^2} \quad (3.31)$$

$$= 48 \text{ รอบการประมวลผลซ้ำ}$$

โดยที่ ค่า Standard normal ที่ 95 % ($Z^2_{1-(\frac{\alpha}{2})}$) = 1.96
 Half width ที่กำหนด (h) = 16.99 นาที

3) จากขั้นตอนการคำนวณหารอบในการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสม ได้จำนวนรอบในการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 48 รอบการประมวลผลซ้ำ และทดลองประมวลผลได้ค่า Half width เท่ากับ 59.80 นาติ พบว่าให้ค่า Half width ที่มากกว่า Half width ที่กำหนดไว้ (16.99 นาติ)

4) จึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบในการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสมใหม่จากสมการที่ (3.32)

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h^2} \quad (3.32)$$

= 124 รอบการประมวลผลซ้ำ

โดยที่ จำนวนรอบการประมวลผลซ้ำครั้งแรก (n_0) = 10 รอบ
 Half width ของ 10 รอบการทำซ้ำ (h_0) = 59.80 นาติ
 Half width ของระบบปัจจุบัน (h) = 16.99 นาติ

5) จากการคำนวณหารอบการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสมครั้งที่ 2 ได้จำนวนรอบการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 150 จากนั้นทำการทดลองประมวลผลได้ค่า Half width เท่ากับ 16.14 นาติ พบว่าให้ค่า Half width ที่น้อยกว่า Half width ที่กำหนดไว้ (16.99 นาติ) จึงทำการยืนยันว่าการประมวลผลที่ 150 รอบการประมวลผลซ้ำนั้นสามารถใช้ได้จริง โดยทำการพิจารณาเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุก จากการวิเคราะห์ค่า Half width แสดงดังตาราง 3.8

ตารางที่ 3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลที่ 150 รอบการทำซ้ำ

ระบบ	ข้อมูล	ประเภท
		รถบรรทุก 10 ล้อ
ระบบจริง	เวลาในระบบเฉลี่ย	339.85
	(นาติ) Half width	16.99
แบบจำลอง	เวลาในระบบเฉลี่ย	323.91
	(นาติ) Half width	16.14

จากขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปการวิเคราะห์ และตรวจสอบแบบจำลองในการเลียนแบบระบบงานจริงได้ตามตารางที่ 3.8 จะแสดงการเปรียบเทียบค่า Half width ของแบบจำลองจะต้องไม่เกินค่า Half width ที่กำหนดของระบบงานปัจจุบัน จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถเป็นตัวแทนของระบบงานปัจจุบันได้ ด้วยการประมวลผล 150 รอบการประมวลผลซ้ำนอกจากนี้เพื่อเป็นยืนยันว่าแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นตัวแทนระบบจริงได้ จึงได้พิจารณาเพิ่มเติมด้านจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการในแต่ละวันจากข้อมูลจริงทั้งหมด 23 วัน (ตัดวันที่เป็นช่วงเทศกาลหรือมีการหยุดชะงักของเครื่องจักรออก) เทียบกับจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการในแต่ละวันจากแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการในแต่ละวันจากข้อมูลจริง

จำนวน	ระบบจริง	แบบจำลอง	ผลต่าง
1	574.73	557.46	17.27
2	522.12	506.12	16
3	505.71	508.03	2.32
4	329.15	308.22	20.93
5	375.22	386.53	11.31
6	248.05	266.80	18.75
7	373.83	382.26	8.43
8	317.23	319.90	2.67
9	304.1	304.48	0.38
10	204.84	208.12	3.28
11	246.27	252.27	6
12	276.03	273.00	3.03
13	396.58	380.89	15.69
14	491.96	485.57	6.39
15	252.17	259.31	7.14
16	333.77	331.84	1.93
17	288.55	287.13	1.42
18	197.43	204.38	6.95
19	170.17	174.51	4.34
20	339.85	328.24	11.61
21	250.67	240.53	10.14
22	250.52	239.82	10.7
23	200.54	202.88	9.76

การทดสอบ paired t-test มีสมมติฐาน คือ

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

โดยที่

μ_1 = ค่าเฉลี่ยจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการในแต่ละวันจากข้อมูลจริง

μ_2 = ค่าเฉลี่ยจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการในแต่ละวันจากแบบจำลอง

ตารางที่ 3.10 ผลทดสอบทางสถิติ

Paired Samples Test

	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
Pair 1 Current-Modeling	1.97957	10.46436	2.18197	-2.54556 6.50469	0.907	22	0.374

จากตารางที่ 3.10 จะเห็นว่าจำนวนรถบรรทุกที่ได้รับบริการในแต่ละวันของระบบจริงและแบบจำลองเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value ของ t-test = 0.374 > 0.05) จึงเป็นการยืนยันเพิ่มเติมว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถเป็นตัวแทนของระบบงานปัจจุบันได้

3.5.6. เสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขระบบการขนส่งและการจัดการหน้าลานอ้อยในปัจจุบันด้วยการเสนอแนวทางในกลยุทธ์ต่างๆ เช่น การจัดสรรแท่นเทอ้อยที่เหมาะสม การปรับลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น การเพิ่มทรัพยากรในจุดที่เป็นคอขวด เป็นต้น แล้วทำการพัฒนาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาทางเลือกต่างๆ ที่ได้เสนอไว้ สำหรับกลยุทธ์ที่จะนำมาทำการปรับปรุงแก้ไขระบบการขนส่งและการจัดการหน้าลานอ้อยที่จะนำเสนอในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 กลยุทธ์ทางเลือก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.6.1 กลยุทธ์ทางเลือกที่ 1: ให้ลำดับความสำคัญในการให้บริการแก่รถสิบล้อและรถพ่วงก่อน

โดยกำหนดให้เมื่อรถมาถึงสามารถเข้ามารอขนน้ำหนักได้เลย ไม่ต้องมีการรอก่อน 2 ชั่วโมงและมีการจัดสรรลำดับความสำคัญของรถบรรทุกโดยจะให้ความสำคัญกับรถสิบล้อและรถพ่วงก่อน โดยเมื่อรถสิบล้อและรถพ่วงมาถึงที่กระบวนการขนน้ำหนักเข้า กระบวนการลานใน กระบวนการเรียกคิว และกระบวนการเท จะให้รถสิบล้อและรถพ่วงทำก่อนเพื่อรองรับรถสิบล้อและรถพ่วงที่มีเปอร์เซ็นต์การเข้ามามากกว่ารถเล็ก และทำการ ปรับเปลี่ยนระบบการขนถ่ายอ้อยจากรถเล็กไปยังรถแทรกเตอร์ เป็นจากรถเล็กเทไปยังรถสิบล้อเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการเลือกใช้บริการแท่นเทได้ดีขึ้น

3.5.6.2 กลยุทธ์ทางเลือกที่ 2: เพิ่มแท่นเทอีกจำนวน 1 แท่นเท

กำหนดให้เมื่อรถมาถึงสามารถเข้ามารอขนน้ำหนักได้เลย ไม่ต้องมีการรอก่อน 2 ชั่วโมงและมีการเพิ่มแท่นเทเข้าไปจาก 4 แท่นเป็น 5 แท่นเพื่อรองรับรถสิบล้อ และ รถพ่วงที่เข้ามาเป็นจำนวนมาก โดยจะมีการทำงานคือถ้าแท่นเทที่ 2 และ 4 เทอยู่สามารถเรียกรถมาเทที่แท่นเทที่ 5 ได้ ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การเพิ่มแท่นเทใหม่

3.5.6.3 กลยุทธ์ทางเลือกที่ 3: จัดสรรให้แท่นเทอ้อยที่ 1 สำรองไว้สำหรับการบริการรถประเภทสปีดต่ำ
 ทำการจัดสรรให้แท่นเทอ้อยที่ 1 สำรองไว้สำหรับการบริการรถประเภทสปีดต่ำ ดังนั้นเราจึงให้ความสำคัญกับรถสปีดต่ำ โดยแท่นเทที่ 1 จะสามารถ
 เทได้เฉพาะรถสปีดต่ำ ในขณะที่รถสปีดต่ำยังสามารถเทได้ทุกแท่นเทในกรณีที่แท่นเทอื่นๆ ว่าง



รูปที่ 3.34 ให้ความสำคัญแท่นเทที่ 1 สำหรับรถสปีดต่ำ

3.5.6.4 กลยุทธ์ทางเลือกที่ 4: จัดสรรให้แท่นเทอ้อยที่ 1 และแท่นเทอ้อยที่ 5 สำรองไว้สำหรับการบริการรถ
 ประเภทสปีดต่ำ

ทำการจัดสรรให้แท่นเทอ้อยที่ 1 และแท่นเทอ้อยที่ 5 สำรองไว้สำหรับการบริการรถประเภทสปีดต่ำ
 ดังนั้น เราจึงให้ความสำคัญกับรถสปีดต่ำ โดยแท่นเทที่ 1 และแท่นเทที่ 5 จะสามารถเทได้เฉพาะรถสปีดต่ำ และรถสปีดต่ำยังสามารถเทได้ทุกแท่นเทในกรณีที่แท่นเทอื่นๆ ว่าง



รูปที่ 3.35 ให้ความสำคัญแท่นเทที่ 1 และแท่นเทที่ 5 สำหรับรถสปีดต่ำ

3.5.7. วิเคราะห์ผลที่ได้รับ แล้วนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงว่าการลำดับการเข้ามาของรถบรรทุกและการจัดสรรแท่นเทอ้อยมีสอดคล้องกับการเข้ามาของรถบรรทุกแต่ละช่วงเวลาหรือไม่ ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในด้านการลดเวลาการรวมโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกหน้าลานโรงงานน้ำตาล ซึ่งจะนำไปสู่การลดการสูญเสียความค่าหวนของอ้อยลงได้

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากรูปแบบปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Problem) คือปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งในงานศึกษานี้ได้นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ และการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบหลายโครงสร้างทางสังคม (GLN Particle Swarm Optimization: GLNPSO) ซึ่งใช้หลักการในการถอดรหัส (Decoding) และกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง (Multiple Movement Strategies) ที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีการเปรียบเทียบสมรรถนะในการแก้ปัญหา (Performance) กับวิธีทางเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-heuristic) อื่น อย่างขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) โดยปัญหาทั้งหมดนี้จะทำการเปรียบเทียบกันระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และแนวทางการดำเนินงานเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (Current Practice) กับวิธีการแก้ปัญหาที่นำเมตาฮิวริสติกส์มาประยุกต์ใช้ เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในส่วนของการจัดการหน้าลานอ้อยพบว่าในปัจจุบันโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษาสามารถเพิ่มกำลังการผลิตน้ำตาลได้เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปริมาณรถบรรทุกโดยรวมที่เข้ามายังมีปริมาณของอ้อยที่น้อยกว่ากำลังการผลิตน้ำตาลของโรงงาน จึงได้มีการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบการบริหารจัดการหน้าลานโรงงานน้ำตาลหากอนาคตมีอัตราการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยมายังโรงงานกรณีศึกษาในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อช่วยในการคาดการณ์ถึงแนวโน้มของกำลังการผลิตสูงสุดที่โรงงานสามารถรองรับการบริการได้หากมีอัตราการเข้ามารับบริการเพิ่มขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ยังมีการเสนอกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และให้เกิดการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

4.1 ผลการทดลองการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยในการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์

เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการนำ GLNPSO มาประยุกต์เพื่อการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยจึงได้ทำการทดสอบแก้ปัญหาทั้งหมด 5 โจทย์ ที่ขนาดและกำหนดพารามิเตอร์ในการคำนวณดังตารางที่ 4.1 และ กำหนดค่าพารามิเตอร์ของ GLNPSO ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 กำหนดพารามิเตอร์เพื่อแก้ปัญหา

ปัญหา ที่	จำนวน แปลงอ้อย (n)	คาบเวลา (T)	กำหนดจุด แบ่งตัด (S_node)	จำนวน รอบ (Γ)	จำนวน อนุภาค (L)	จำนวน ตัวแทน (ϵ)	สัดส่วนการเลือกใช้การถอดรหัส			
							Dc1	Dc2	Dc3	Dc4
1	10	3	2	200	500	50	455	15	10	20
2	15	3	2	200	1000	100	935	20	15	30
3	20	4	2	150	1500	100	1410	30	20	40
4	30	5	3	150	1500	150	1410	30	20	40
5	50	7	3	100	1500	150	1410	30	20	40

ตารางที่ 4.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของ GLNPSO ของปัญหา

พารามิเตอร์ของ GLNPSO	ค่าที่กำหนด
ค่าน้ำหนักความเฉื่อย (Inertia Weight)	ลดลงแบบเชิงเส้นจาก 0.9 จนถึง 0.4
ค่าคงที่ความเร่ง	$c_p = c_g = c_l = c_n = 1$
การสุ่มเลือกจากส่วนบน $a\%$ ของกลุ่มตัวแทน (Elite Group)	10
การสุ่มเลือกจากส่วนล่าง $b\%$ ของกลุ่มตัวแทน (Elite Group)	20
ผลต่าง gap (%)	5
สัดส่วนการเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนของฝูง Ms1:Ms2:Ms3:Ms4	25%:25%:25%:25%

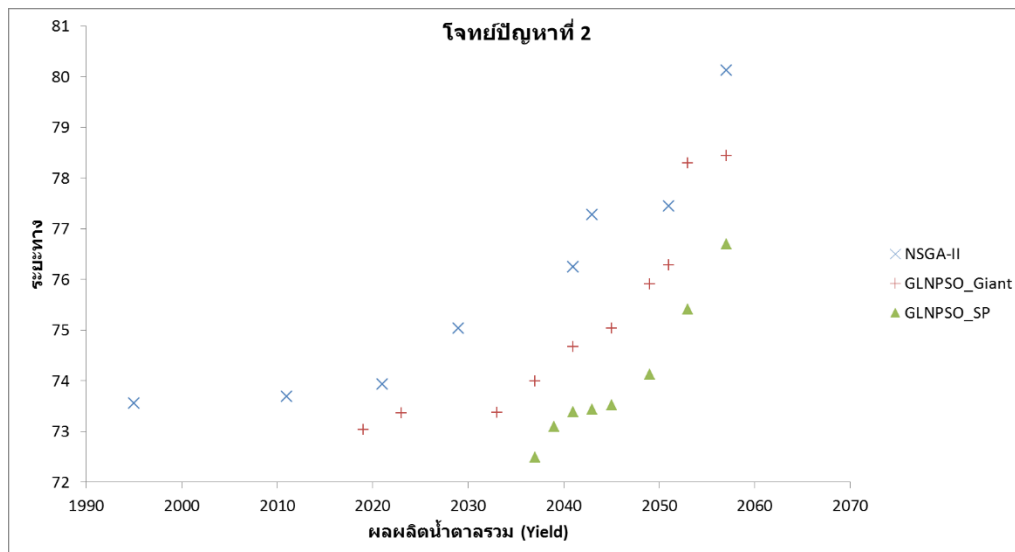
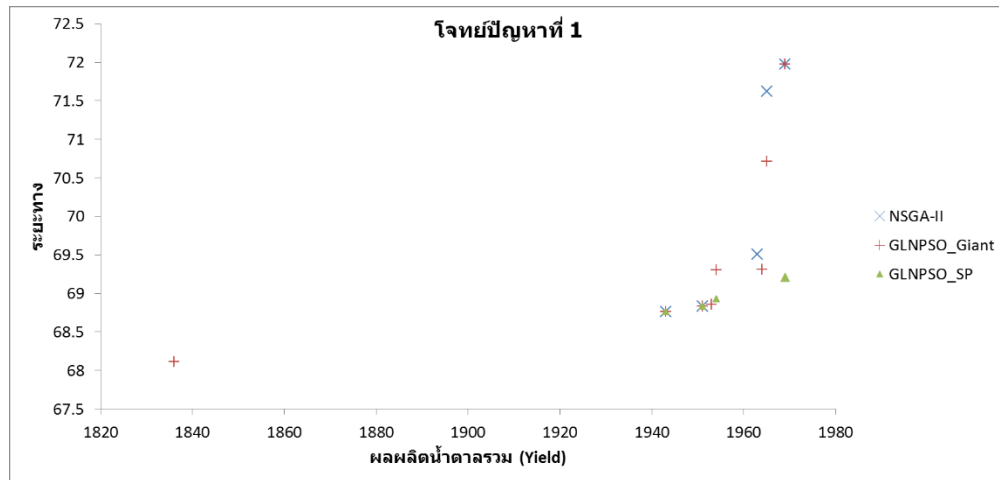
ซึ่งในการทดสอบสมรรถนะด้วยการเปรียบเทียบเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ของการแก้ปัญหาและค้นหาคำตอบด้วยวิธี GLNPSO ในปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย จะทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้

- การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม แบบ NSGA-II กำหนดตัวย่อเป็น G
- การประยุกต์ใช้วิธี GLNPSO ที่ไม่มีการกำหนดจุดแบ่งตัดในขั้นตอนการเข้าและถอดรหัส หรือ GLNPSO_Giant กำหนดตัวย่อเป็น R
- การประยุกต์ใช้วิธี GLNPSO ที่มีการกำหนดจุดแบ่งตัด (Splitting point) ในขั้นตอนการเข้าและถอดรหัส หรือ GLNPSO_SP กำหนดตัวย่อเป็น P

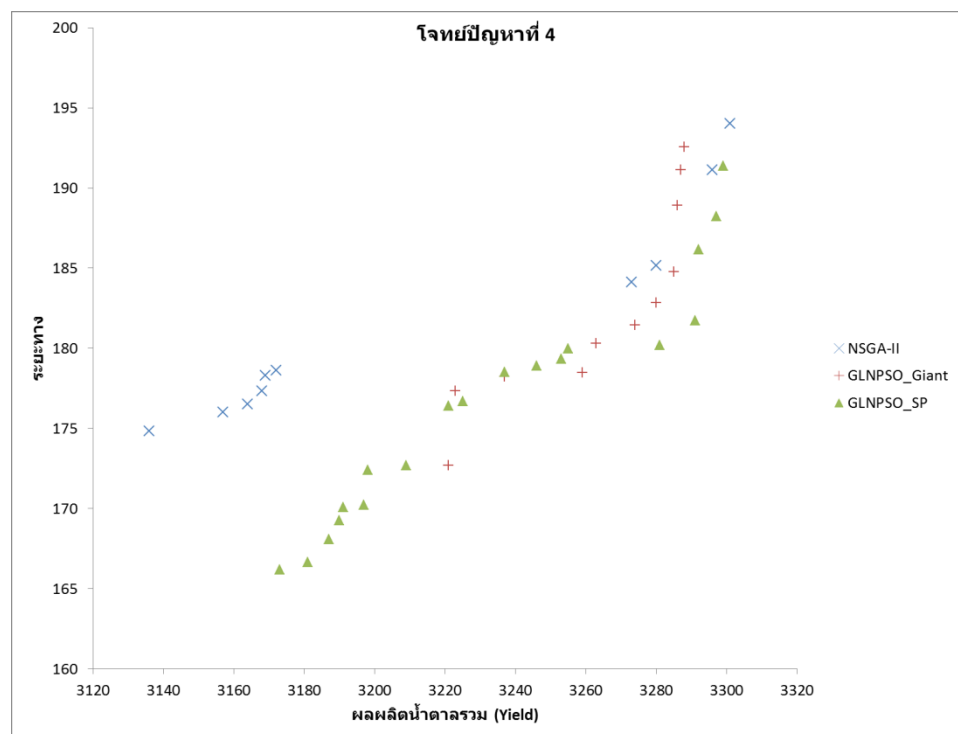
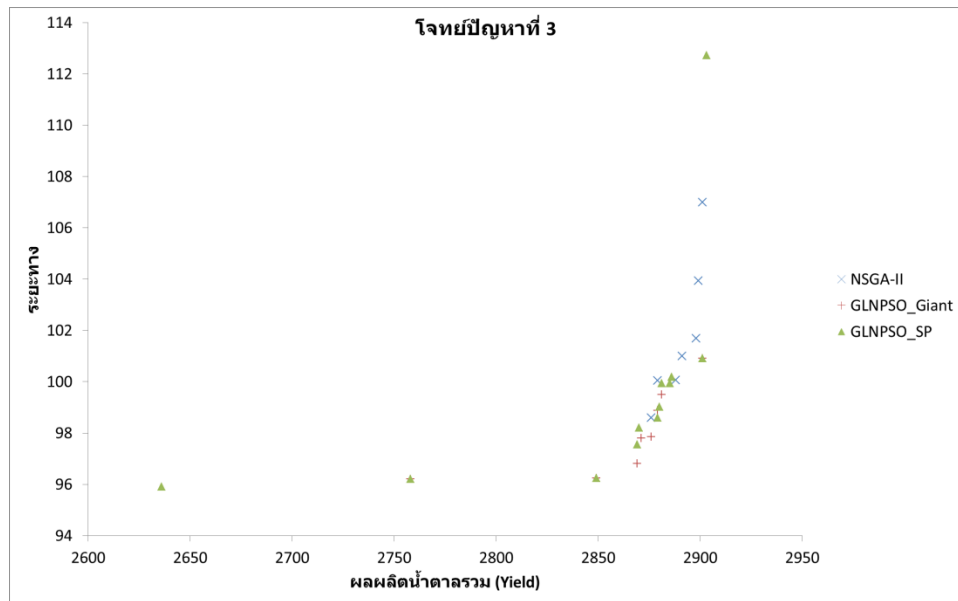
โดยผลการเปรียบเทียบเมตริกซ์ $\tilde{C}$ และเวลาในการประมวลผลของทั้งสามวิธี แสดงดังตารางที่ 4.3 และแสดงผลเฉลยคำตอบ (Pareto solution set) ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยวิธีทั้งสาม ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ในการแก้ปัญหา

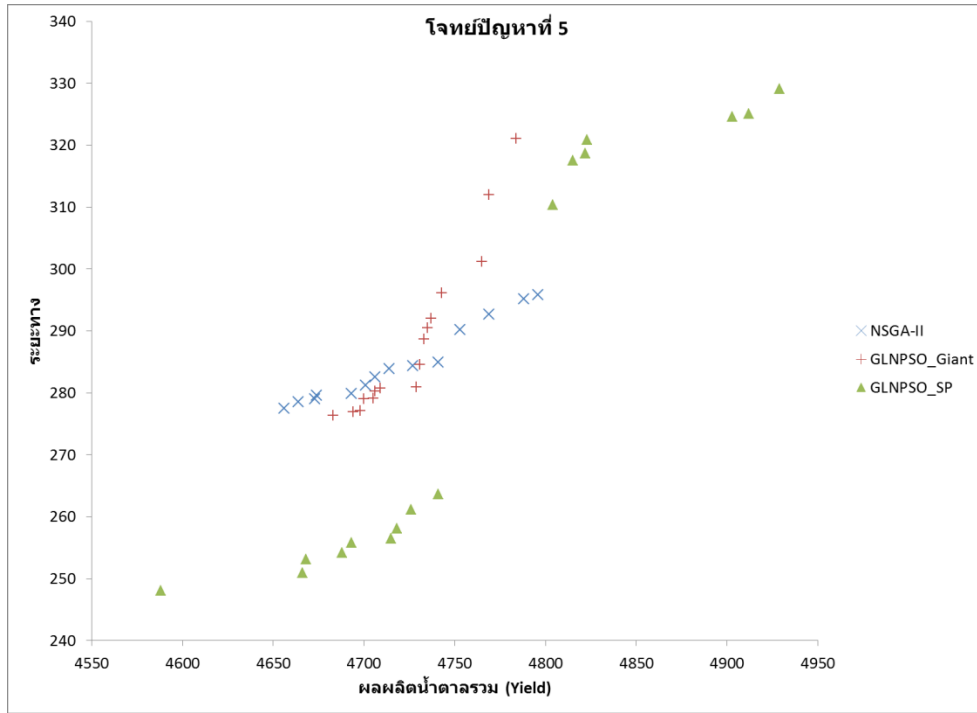
ปัญหาที่	เมตริกซ์ $\tilde{C}$			
	$\tilde{C}(P, G)$	$\tilde{C}(G, P)$	$\tilde{C}(P, R)$	$\tilde{C}(R, P)$
1	0.6	0	0.5	0
2	1	0	1	0
3	0.85	0.08	0.25	0.25
4	0.9	0	0.72	0.31
5	0.71	0	0.875	0
ผลรวมค่าเมตริกซ์ $\tilde{C}$	4.06	0.08	3.345	0.56



รูปที่ 4.1 ผลเฉลยคำตอบ (Pareto solution set) ในการแก้ปัญหา



รูปที่ 4.1 ผลเฉลยคำตอบ (Pareto solution set) ในการแก้ปัญหา (ต่อ)

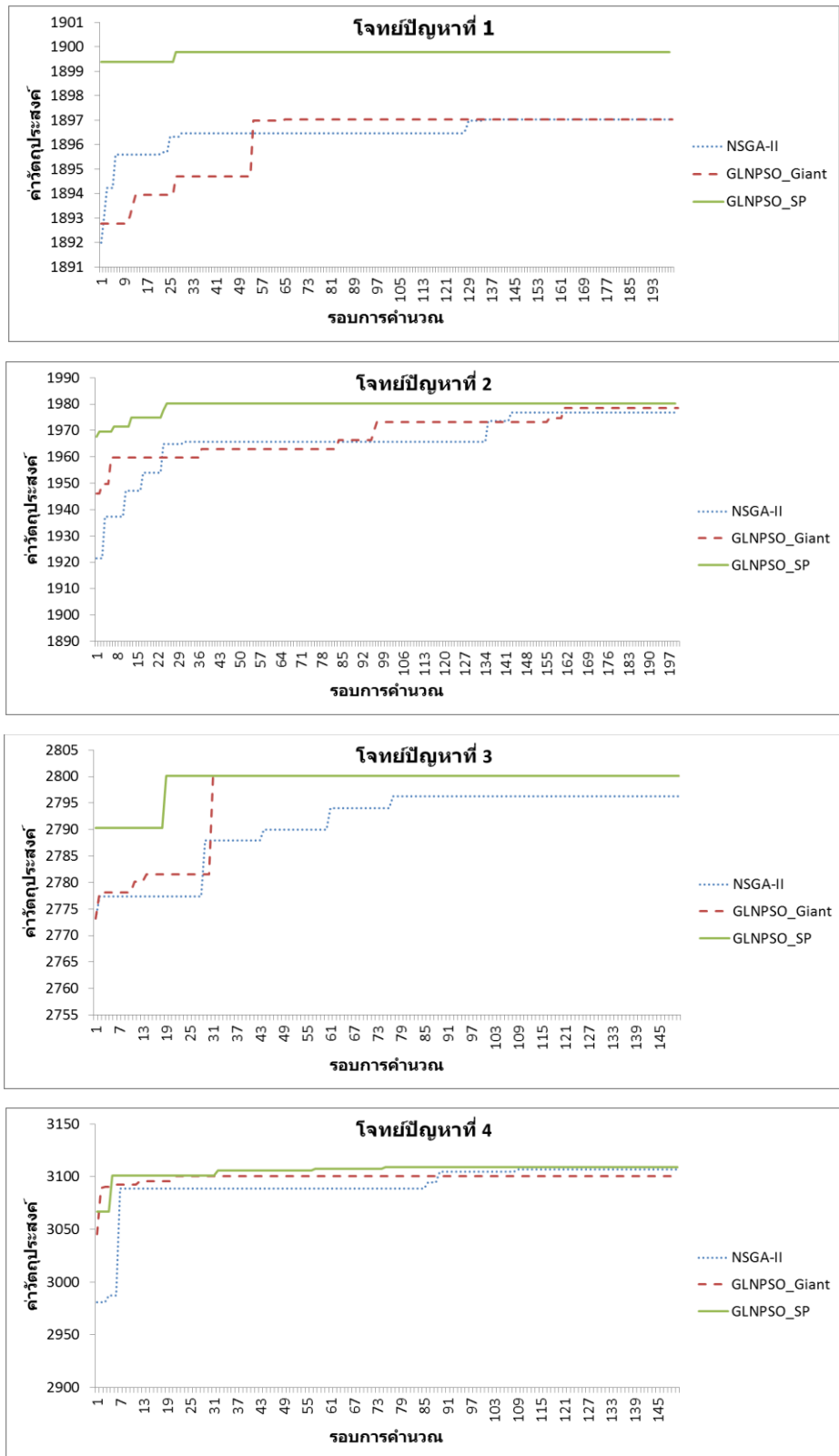


รูปที่ 4.1 ผลเฉลยคำตอบ (Pareto solution set) ในการแก้ปัญหา (ต่อ)

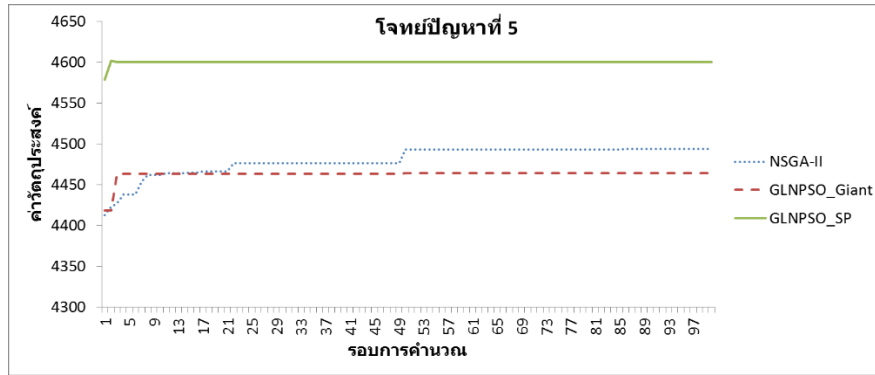
จากผลการทดลองสมรรถนะการค้นหาคำตอบด้วยวิธี NSGA-II, วิธี GLNPSO_Giant และวิธี GLNPSO_SP พบว่า วิธี GLNPSO_SP มีความสามารถในการค้นหาคำตอบที่ดีกว่า ซึ่งเห็นได้จากค่าเมตริกซ์ $\tilde{C}$ เมื่อเปรียบเทียบจำนวนผลเฉลยที่ได้จากวิธี GLNPSO_SP ที่ถูกรอบงำด้วยผลเฉลยที่ได้จากวิธี NSGA-II และ GLNPSO_Giant ซึ่งก็คือค่า $\tilde{C}(G, P)$ และ $\tilde{C}(R, P)$ มีสัดส่วนที่ค่อนข้างน้อย แสดงถึงการกระจายตัวบนขอบหน้าพาเรโตที่ดีกว่า นอกจากนี้เพื่อดูแนวโน้มในการลู่เข้าของคำตอบของทั้งสามวิธี จึงทำการรวมค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน ด้วยการกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ที่ 1 (f_1) หรือผลผลิตน้ำตาลรวมให้เท่ากับ $w_1=1$ และกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ที่ 2 (f_2) หรือระยะทางรวมในการเก็บเกี่ยวอ้อยให้เท่ากับ $w_2=1$ และรวมค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองเป้าหมายดังสมการที่ (4.1)

$$\text{Maximize } F = w_1 \sum_i a_i \times e_i \times q_i - w_2 \sum_{i,j \in A_{ij}} d_{ij} \times x_{ij} \quad (4.1)$$

และแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรอบเวลาในการคำนวณ และค่าวัตถุประสงค์รวม ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การลู่เข้าของคำตอบ (Convergence) ในการแก้ปัญหา



รูปที่ 4.2 การลู่เข้าของคำตอบ (Convergence) ในการแก้ปัญหา (ต่อ)

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าวิธี GLNPSO_SP มีการลู่เข้าหาคำตอบที่ดีกว่า ขณะที่วิธี NSGA-II และวิธี GLNPSO_Giant มีอัตราการลู่เข้าที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัสดังที่ถูกนำเสนอขึ้นที่ทำหน้าที่เสมือนเครื่องมือในการนำการค้นหาเฉพาะที่ (Local search) ตั้งแต่กระบวนการสร้างอนุภาคเริ่มต้น และเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบข้ามแปลงได้ของวิธี GLNPSO_SP จึงทำการนำมาเปรียบเทียบกับระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และแนวทางการดำเนินงานเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (Current Practice) ดังตารางที่ 4.4 และสรุปเป็นร้อยละความแตกต่าง (%Gap) ระหว่างผลเฉลยที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (ย่อเป็น CPLEX) แนวทางการดำเนินงานเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (ย่อเป็น Current) และวิธี GLNPSO_SP ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลเฉลยที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ แนวทางการดำเนินงานเดิมของโรงงานกรณีศึกษาและวิธี GLNPSO_SP

ปัญหา ที่	กรณีศึกษา (Current)			รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (CPLEX)				GLNPSO_SP			
	f_1	f_2	ผลรวม	f_1	f_2	ผลรวม	เวลา (วินาที)	f_1	f_2	ผลรวม	เวลา (วินาที)
1	1957	72	1885	1969	69.21	1899.7	1.19	1969	69.21	1899.7	5.62
2	2005	74.38	1930.6	2057	73.11	1983.8	3.27	2057	76.69	1980.3	14.08
3	2676	99.78	2576.2	2915	98.81	2816.1	4.89	2901	100.91	2800.1	31.8
4	3142	170.04	2971.9	3395	179.98	3215.0	263	3291	181.74	3109.2	132
5	4577	254.54	4322.4	5056	266.63	4789.3	18350	4929	329.04	4599.9	3257

ตารางที่ 4.5 ร้อยละความแตกต่างระหว่างผลเฉลยที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์แนวทางการดำเนินงานเดิมของโรงงาน
กรณีศึกษา และวิธี GLNPSO_SP

ปัญหาที่	% Gap ของผลเฉลย		
	Current vs CPLEX	Current vs GLNPSO_SP	GLNPSO_SP vs CPLEX
1	0.774	0.780	0.000
2	2.682	2.574	0.176
3	8.519	8.691	0.568
4	7.561	4.620	3.291
5	9.749	6.420	3.955

จากตารางที่ 4.4 และ ตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่ารูปแบบทางคณิตศาสตร์และวิธี GLNPSO_SP ที่ถูกนำเสนอถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการนำมาแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย รวมทั้งเป็นทางเลือกให้โรงงานน้ำตาลและเกษตรกรสามารถทำการวางแผนการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้อ้อยที่มีค่าคุณภาพหรือได้ผลผลิตน้ำตาลต่อตันอ้อยที่มากขึ้น โดยมีต้นทุนการดำเนินการที่ต่ำลง

4.2 ผลการจำลองสถานการณ์ในกระบวนการบริหารจัดการหน้าลาน

4.2.1 รูปแบบวิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษาแสดงกระบวนการการเข้ามาของรถบรรทุกไปยังกระบวนการต่างๆ ของโรงงานน้ำตาลในสถานะปัจจุบัน โดยได้พิจารณาถึงประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรประเภทต่างๆ ดังตารางที่ 4.6 และผลการศึกษาของแนวทางปัจจุบันแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ทรัพยากรของระบบที่พิจารณา

ทรัพยากร	ตัวย่อ	รายละเอียด
Seize dum13	A	เป็นทรัพยากรที่ใช้เป็นพื้นที่สำหรับการให้รถบรรทุกมาจอดรอก่อนที่จะเข้าแท่นเทที่ 1 และ 3
Seize dum24	B	เป็นทรัพยากรที่ใช้เป็นพื้นที่สำหรับการให้รถบรรทุกมาจอดรอก่อนที่จะเข้าแท่นเทที่ 2 และ 4
Seize dum5	C	เป็นทรัพยากรที่ใช้เป็นพื้นที่สำหรับการให้รถบรรทุกมาจอดรอก่อนที่จะเข้าแท่นเทที่ 5
Dum1	D	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการเทอ้อย (แท่นเทที่ 1)
Dum2	E	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการเทอ้อย (แท่นเทที่ 2)
Dum3	F	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการเทอ้อย (แท่นเทที่ 3)
Dum4	G	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการเทอ้อย (แท่นเทที่ 4)
Dum5	H	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการเทอ้อย (แท่นเทที่ 5)

ตารางที่ 4.6 ทรัพยากรของระบบที่พิจารณา (ต่อ)

ทรัพยากร	ตัวย่อ	รายละเอียด
Resource Wait dum	I	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการจอดรถก่อนถูกเรียกคิวเข้าแท่นเทหรือพื้นที่จอดรถหน้าแท่นเท (ลานใน)
Resource Weight In	J	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาเข้า
Resource Weight Out	K	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกขาออก
Resource Queue	L	เป็นทรัพยากรที่ใช้สำหรับการเรียกรถบรรทุกเข้ามาที่แท่นเทอ้อย

ตารางที่ 4.7 แนวทางปัจจุบัน: กำหนดจำนวนรถสูงสุดที่เข้ามาในระบบ และจะมีการปล่อยรถเข้าระบบหลังจากผ่านไป 2 ชั่วโมง

การแจกแจง	ประเภท	จำนวน รถ ขาเข้า	จำนวน รถ ขาออก	งาน ที่อยู่ใน ระบบ	เวลา ที่อยู่ใน ระบบ (นาท)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
-0.5 + LOGN(3.64, 4.71)	รถสิบล้อ	463	463	0	353.31	A	60.97
	รถพ่วง	70	70	0	362.19	B	72.49
	รถเล็ก	72	72	0	87.55	D	61.05
						E	44.56
						F	60.89
						G	43.94
						I	93.67
						J	42.78
						K	43.80
						L	39.75

เพื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงไปของระบบการส่งอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตที่มีสัดส่วนอัตราการเข้ามาของรถบรรทุกเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางปฏิบัติปัจจุบัน (Current Practice) ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองจำลองสถานการณ์ของระบบที่พัฒนาขึ้นด้วยการเพิ่มสัดส่วนการเข้ามา และการลดข้อจำกัดด้านข้อจำกัดของปริมาณรถที่เข้ามาได้สูงสุดในแต่ละวัน และไม่ต้องมีการรอจำนวนรถถึง 40 คันหรือรอจนถึง 2 ชั่วโมงก่อนที่จะปล่อยรถเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งแบ่งผลการศึกษาเป็นทั้งหมด 11 กรณี ตามสัดส่วนการแจกแจงการเข้ามาของรถบรรทุกที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนี้

กรณีที่ 1 สัดส่วนการเข้ามาเท่าเดิม แต่ลดข้อจำกัดจำนวนรถสูงสุดที่เข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 2 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 5% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 3 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 10% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 4 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 15% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 5 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 20% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 6 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 25% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 7 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 30% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 8 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 35% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 9 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 40% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 10 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 45% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

กรณีที่ 11 สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 50% และลดข้อจำกัดของปริมาณการเข้ามาและการรอรถในช่วงต้น

โดยแสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4.8 - 4.18

ตารางที่ 4.8 กรณีที่ 1: สัดส่วนการเข้ามาเท่าเดิม

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ใน ระบบ	เวลา ที่อยู่ใน ระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)
รถสิบล้อ	670	597	73	339.69	A	80.07
รถพ่วง	100	89	11	348.80	B	82.86
รถเล็ก	107	105	2	85.83	D	80.12
					E	56.82
					F	80.03
					G	56.19
					I	93.67
					J	62.66
					K	57.18
					L	51.34

ตารางที่ 4.9 กรณีที่ 2: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 5%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	702	607	95	365.88	A	81.50
รถพ่วง	105	91	14	375.92	B	84.17
รถเล็ก	114	112	2	84.22	D	81.62
					E	57.48
					F	81.37
					G	57.26
					I	93.98
					J	66.16
					K	58.44
					L	52.21

ตารางที่ 4.10 กรณีที่ 3: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 10%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	732	606	126	416.66	A	81.79
รถพ่วง	111	92	19	423.67	B	84.43
รถเล็ก	119	116	3	84.09	D	81.91
					E	57.61
					F	81.68
					G	57.31
					I	94.25
					J	69.68
					K	58.78
					L	52.31

ตารางที่ 4.11 กรณีที่ 4: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 15%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพ การทำงาน (%)
รถสิบล้อ	768	623	145	440.72	A	82.68
รถพ่วง	114	92	22	450.05	B	85.00
รถเล็ก	126	125	1	83.40	D	82.78
					E	58.22
					F	82.58
					G	57.93
					I	94.43
					J	73.43
					K	59.82
					L	52.95

ตารางที่ 4.12 กรณีที่ 5: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 20%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	812	618	194	476.08	A	83.49
รถพ่วง	119	91	28	484.86	B	85.86
รถเล็ก	136	133	3	83.14	D	83.48
					E	58.41
					F	83.51
					G	58.33
					I	94.76
					J	78.41
					K	60.90
					L	53.46

ตารางที่ 4.13 กรณีที่ 6: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 25%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	856	620	236	519.62	A	84.10
รถพ่วง	128	92	36	527.65	B	86.45
รถเล็ก	142	139	3	86.76	D	84.22
					E	58.82
					F	83.98
					G	58.82
					I	95.17
					J	83.38
					K	61.57
					L	53.79

ตารางที่ 4.14 กรณีที่ 7: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 30%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	906	617	289	569.38	A	84.05
รถพ่วง	135	92	43	581.01	B	86.40
รถเล็ก	153	149	4	94.30	D	84.09
					E	58.75
					F	84.02
					G	58.76
					I	95.30
					J	89.07
					K	62.13
					L	5374

ตารางที่ 4.15 กรณีที่ 8: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 35%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	967	621	333	608.65	A	84.60
รถพ่วง	143	92	50	614.84	B	86.81
รถเล็ก	161	155	5	122.16	D	84.67
					E	59.09
					F	84.52
					G	58.85
					I	95.56
					J	93.73
					K	62.84
					L	54.13

ตารางที่ 4.16 กรณีที่ 9: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 40%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,036	620	416	652.62	A	84.79
รถพ่วง	154	92	62	661.42	B	87.14
รถเล็ก	174	161	13	179.62	D	84.84
					E	59.11
					F	84.75
					G	58.94
					I	95.83
					J	96.00
					K	63.27
					L	54.22

ตารางที่ 4.17 กรณีที่ 10: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 45%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,120	625	495	689.51	A	85.30
รถพ่วง	165	92	73	699.42	B	87.79
รถเล็ก	185	163	22	246.59	D	85.42
					E	59.49
					F	85.17
					G	59.37
					I	96.14
					J	96.61
					K	63.76
					L	54.59

ตารางที่ 4.18 กรณีที่ 11: สัดส่วนการเข้ามาเพิ่มขึ้น 50%

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,216	626	590	735.51	A	85.71
รถพ่วง	181	63	118	745.20	B	88.18
รถเล็ก	197	163	34	324.03	D	85.78
					E	59.63
					F	85.65
					G	59.64
					I	96.47
					J	96.93
					K	63.92
					L	54.75

ตารางที่ 4.19 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราสัดส่วนการเข้ามาของ รถบรรทุกอ้อย

กรณี	จำนวนรถขา เข้า	จำนวน รถขาออก	งานที่อยู่ในระบบของรถสิบล้อ (นาที)	การใช้ประโยชน์แท่นเท (%)			
				1	2	3	4
1	877	791	339.69	80.12	51.82	80.03	56.19
2	921	810	365.88	81.62	57.48	81.37	57.26
3	962	814	416.66	81.91	57.61	81.68	57.31
4	1,008	840	440.72	82.78	58.22	82.58	57.93
5	1,067	842	476.08	83.48	58.41	83.51	58.33
6	1,126	851	519.62	84.22	58.82	83.98	58.82
7	1,194	858	569.38	84.09	58.75	84.02	58.76
8	1,271	868	652.62	84.67	59.09	84.52	58.85
9	1,364	873	652.62	84.84	59.11	84.75	58.94
10	1,470	880	689.51	85.42	59.49	85.17	59.37
11	1,594	852	735.51	85.78	59.63	85.65	59.64

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นว่ากรณีที่ 11 พบว่ามีเวลาที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกอ้อย คือ 735.51 นาที หรือ ประมาณ 12.26 ชั่วโมง ซึ่งเกินระยะเวลาสูงสุดในการมีอยู่ในระบบที่ทางโรงงานต้องการที่ 12 ชั่วโมง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าอัตรา การเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 ซึ่งมีผลให้การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรต่างๆเพิ่มมากขึ้น และเริ่มเต็ม กำลังการผลิต แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีเวลารวมที่อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยเกินกับข้อกำหนดที่ทางโรงงานต้องการวางมาตรฐานไว้ใน อนาคต

4.2.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกลยุทธ์ที่นำเสนอ

จากบทที่ 3 ที่ได้นำเสนอกลยุทธ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการหน้าลานอ้อย และการจัดสรรการใช้แท่นเท เพื่อลดเวลารวมโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบของรถบรรทุกอ้อย ซึ่งกลยุทธ์ที่นำเสนอมีทั้งหมด 4 ทางเลือก ดังนี้

(1) กลยุทธ์ให้ความสำคัญรถสิบล้อและรถพ่วง แสดงดังตารางที่ 4.20

มีการจัดสรรลำดับความสำคัญของรถบรรทุกโดยจะให้ความสำคัญกับรถสิบล้อและรถพ่วงก่อน และทำการใช้รถสิบล้อทดแทนรถแทรกเตอร์ที่ใช้ในการรองรับการเปลี่ยนถ่ายอ้อยจากรถเล็กไปทำการเทที่แท่นเทในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.20 ผลการศึกษาของของกลยุทธ์ที่ 1

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,244	710	534	562.97	A	94.75
รถพ่วง	186	106	80	568.59	B	97.66
รถเล็ก	198	164	34	305.18	D	94.82
					E	68.52
					F	94.69
					G	68.30
					I	98.74
					J	98.88
					K	70.71
					L	61.42

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของกลยุทธ์ที่ 1

ประเภทรถ	จำนวนรถขาออก (คัน)	จำนวนตันอ้อย(ตัน)	เวลาในระบบที่ลดได้ (ชั่วโมง)	จำนวนตันน้ำตาลที่ ประหยัดได้ (ตัน)
รถสิบล้อ	710	10,650	2.87	7.5828
รถพ่วง	106	2,650	2.94	1.9321
รถเล็ก	164	820	0.31	0.0063
รวม				9.5212

แสดงวิธีการคำนวณผลลัพธ์ในตารางที่ 4.21

กำหนดให้ อัตราการลดลงของ CCS จากการรอคอยในระบบเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0248 CSS/ชั่วโมง/ตัน และกำหนดให้ 10 CCS/ตัน คือ 10% คุณตันอ้อย จะเท่ากับตันน้ำตาล โดยพิจารณาราคาขายน้ำตาลที่กระสอบละ 1,070 บาท (1 กระสอบ เท่ากับปริมาณน้ำตาลทรายสุทธิ 50 กิโลกรัม)

- รถสิบล้อสามารถขนอ้อยได้ 15 ตัน ดังนั้นจะได้จำนวนตันอ้อยเท่ากับ 710×15 เท่ากับ 10,650 ตัน

- ถ้าโดยเฉลี่ยรถสิบล้อมีเวลาที่อยู่ในระบบลดลง 2.87 ชั่วโมง จะได้ค่า CCS ที่ลดลงเท่ากับ 2.87×0.0248 เท่ากับ 0.0712 CSS/ตัน ดังนั้นจากอ้อย 10,650 ตัน คาดว่าจะประหยัดการสูญเสียน้ำตาลได้เท่ากับ $0.0712\% \times 10,650$ เท่ากับ 7.5828 ตันน้ำตาล

ในการทำงานเดียวกันกับรถสิบล้อ

รถพ่วง มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 25 ตัน/คัน

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย = $25 \times 106 = 2,650$ ตัน

และ คาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้ = $(2.9 \times 0.0248)\% \times 2650 = 1.932$ ตัน

รถเล็ก มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 5 ตัน/คัน

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย = $5 \times 164 = 820$ ตัน

และ คาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้ = $(0.31 \times 0.0248)\% \times 820 = 0.0063$ ตัน

ดังนั้นผลคาดการณ์ปริมาณตันน้ำตาลรวมที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 9.5212 ตันน้ำตาล และคิดเป็นเงินได้ เท่ากับ $9.5212 \times 20 \times 1,070 = 203,754$ บาทต่อหนึ่งรอบการส่ง (วัน)

ดังนั้นถ้าจะลงทุนซื้อรถสิบล้อแท่นรถแทรกเตอร์จำนวน 2 คันเป็นมูลค่า 5,000,000 บาท ค่าเสื่อมประมาณ 100,000 บาท ดังนั้น จะใช้เวลาคืนทุน เท่ากับ $5,100,000/203,754$ ประมาณ 26 วัน

(2) กลยุทธ์เพิ่มแท่นเท แสดงดังตารางที่ 4.22

เมื่อรถบรรทุกมาถึงสามารถเข้ามารอขนน้ำตาลได้เลย ไม่ต้องมีการรอก่อน 2 ชั่วโมงและมีการเพิ่มแท่นเทเข้าไป จาก 4 แท่นเป็น 5 แท่นเพื่อรองรับรถสิบล้อ และ รถพ่วงที่เข้ามาเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 4.22 รูปแบบของกลยุทธ์ที่ 2

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ในระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาท)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,210	714	496	619.85	A	81.99
รถพ่วง	182	109	73	625.24	B	70.13
รถเล็ก	198	166	32	289.74	C	84.27
					D	82.04
					E	48.28
					F	81.95
					G	47.98
					H	84.27
					I	98.88
					J	98.82
					K	74.14
					L	64.84

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของกลยุทธ์ที่ 2

ประเภทรถ	จำนวนรถขาออก (คัน)	จำนวนตันอ้อย(ตัน)	เวลาในระบบที่ลดได้, (ชั่วโมง)	จำนวนตันน้ำตาลที่ ประหยัดได้ (ตัน)
รถสิบล้อ	714	10,710	1.93	5.1262
รถพ่วง	109	2,725	1.99	1.3448
รถเล็ก	166	830	2.1	0.4316
รวม				6.9026

แสดงวิธีการคำนวณผลลัพธ์ในตารางที่ 4.23

กำหนดให้ อัตราการลดลงของ CCS จากการรอกอຍในระบบเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0248 CSS/ชั่วโมง/ตัน และกำหนดให้ 10 CCS/ตัน คือ 10% คุณตันอ้อย จะเท่ากับตันน้ำตาล โดยพิจารณาราคาขายน้ำตาลที่กระสอบละ 1,070 บาท (1 กระสอบ เท่ากับปริมาณน้ำตาลทรายสุทธิ 50 กิโลกรัม)

- รถสิบล้อสามารถขนอ้อยได้ 15 ตัน ดังนั้นจะได้จำนวนตันอ้อยเท่ากับ 714×15 เท่ากับ 10,710 ตัน

- ถ้าโดยเฉลี่ยรถสิบล้อมีเวลาที่อยู่ในระบบลดลง 1.93 ชั่วโมง จะได้ค่า CCS ที่ลดลงเท่ากับ 1.93×0.0248 เท่ากับ 0.0478 CSS/ตัน ดังนั้นจากอ้อย 10,710 ตัน คาดว่าจะประหยัดการสูญเสียน้ำตาลได้เท่ากับ $0.0478\% \times 10710$ เท่ากับ 5.11262 ตันน้ำตาล

ในการทำงานเดียวกันกับรถสิบล้อ

รถพ่วง มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 25 คัน/คัน

$$\text{ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย} = 25 \times 109 = 2,725 \text{ ตัน}$$

$$\text{และคาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้} = (1.99 \times 0.0248)\% \times 2,725 = 1.3448 \text{ ตัน}$$

รถเล็ก มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 5 คัน/คัน

$$\text{ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย} = 5 \times 166 = 830 \text{ ตัน}$$

$$\text{และคาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้} = (2.1 \times 0.0248)\% \times 830 = 0.4316 \text{ ตัน}$$

ดังนั้นผลคาดการณ์ปริมาณต้นน้ำตาลรวมที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 6.9026 ตันน้ำตาล และคิดเป็นเงินได้เท่ากับ $6.9026 \times 20 \times 1,070 = 147,716$ บาทต่อหนึ่งรอบการส่ง (วัน)

ดังนั้นจะลงทุนแท่นเท 1 แท่น มูลค่า 500,000 บาท จะใช้เวลาคืนทุน เท่ากับ $500,000/147,716$ ประมาณ 4 วัน

(3) กลยุทธ์การให้ความสำคัญแท่นเทอ้อยที่ 1 สำหรับรถสิบล้อเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 4.24

เนื่องจากรถสิบล้อมีการเข้ามามากที่สุดในระบบการหีบอ้อย ดังนั้นเราจึงให้ความสำคัญกับรถสิบล้อเป็นอันดับแรก

ตารางที่ 4.24 รูปแบบของกลยุทธ์ที่ 3

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ใน ระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาท)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,265	711	554	650.60	A	88.38
รถพ่วง	160	72	88	692.91	B	93.13
รถเล็ก	208	190	18	163.87	D	84.09
					E	68.22
					F	89.22
					G	68.03
					I	98.88
					J	98.95
					K	69.58
					L	58.84

ตารางที่ 4.25 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของกลยุทธ์ที่ 3

ประเภทรถ	จำนวนรถขาออก (คัน)	จำนวนตันอ้อย(ตัน)	เวลาในระบบที่ลดได้, (ชั่วโมง)	จำนวนตันน้ำตาลที่ ประหยัดได้ (ตัน)
รถสิบล้อ	711	10,665	1.41	3.7220
รถพ่วง	72	1,800	0.87	0.3883
รถเล็ก	190	950	2.67	0.6290
รวม				4.7393

แสดงวิธีการคำนวณผลลัพธ์ในตารางที่ 4.25

กำหนดให้ อัตราการลดลงของ CCS จากการรอกอยในระบบเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0248 CSS/ชั่วโมง/ตัน และกำหนดให้ 10 CCS/ตัน คือ 10% คุณตันอ้อย จะเท่ากับตันน้ำตาล โดยพิจารณาราคาขายน้ำตาลที่กระสอบละ 1,070 บาท (1 กระสอบ เท่ากับปริมาณน้ำตาลทรายสุทธิ 50 กิโลกรัม)

- รถสิบล้อสามารถขนอ้อยได้ 15 ตัน ดังนั้นจะได้จำนวนตันอ้อยเท่ากับ 711×15 เท่ากับ 10,665 ตัน

- ถ้าโดยเฉลี่ยรถสิบล้อมีเวลาที่อยู่ในระบบลดลง 1.93 ชั่วโมง จะได้ค่า CCS ที่ลดลงเท่ากับ 1.41×0.0248 เท่ากับ 0.0349 CSS/ตัน ดังนั้นจากอ้อย 10,665 ตัน คาดว่าจะประหยัดการสูญเสียน้ำตาลได้เท่ากับ $0.0349\% \times 10,665$ เท่ากับ 3.7220 ตันน้ำตาล

ในทำนองเดียวกันกับรถสิบล้อ

รถพ่วง มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 25 ตัน/คัน

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย = $25 \times 72 = 1,800$ ตัน

และคาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้ = $(0.87 \times 0.0248)\% \times 1,800 = 0.3883$ ตัน

รถเล็ก มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 5 ตัน/คัน

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย = $5 \times 190 = 950$ ตัน

และคาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้ = $(2.67 \times 0.0248)\% \times 950 = 0.6290$ ตัน

ดังนั้นผลคาดการณ์ปริมาณตันน้ำตาลรวมที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 4.7393 ตันน้ำตาล และคิดเป็นเงินได้เท่ากับ $4.7393 \times 20 \times 1,070$ เท่ากับ 101,423 บาทต่อหนึ่งรอบการส่ง (วัน)

(4) กลยุทธ์การเพิ่มแท่นเท้อยู่ที่ 5 และมีการจัดสรรให้แท่นเท้อยู่ที่ 1 และแท่นเท้อยู่ที่ 5 สำรองไว้สำหรับการบริการรถประเภทสิบล้อเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 4.26

เนื่องจากรถสิบล้อมีการเข้ามามากที่สุดในระบบการเทียบอยู่ ดังนั้นเราจึงให้ความสำคัญกับรถสิบล้อ โดยแท่นเทที่ 1 และแท่นเทที่ 5 จะสามารถได้เฉพาะรถสิบล้อเท่านั้น

ตารางที่ 4.26 รูปแบบของกลยุทธ์ที่ 4

ประเภท	จำนวนรถ ขาเข้า	จำนวนรถ ขาออก	งาน ที่อยู่ใน ระบบ	เวลา ที่อยู่ในระบบ (นาที)	ทรัพยากร	ประสิทธิภาพการ ทำงาน (%)
รถสิบล้อ	1,264	807	457	595.94	A	87.86
รถพ่วง	160	92	68	604.36	B	84.46
รถเล็ก	198	166	32	289.64	C	74.96
					D	84.43
					E	59.87
					F	88.44
					G	59.40
					H	74.96
					I	98.88
					J	98.82
					K	78.22
					L	68.99

ตารางที่ 4.27 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของกลยุทธ์ที่ 4

ประเภทรถ	จำนวนรถขาออก (คัน)	จำนวนตันอ้อย(ตัน)	เวลาในระบบที่ลดได้, (ชั่วโมง)	จำนวนตันน้ำตาลที่ ประหยัดได้ (ตัน)
รถสิบล้อ	807	12,105	2.32	6.9647
รถพ่วง	92	2,300	2.35	1.3404
รถเล็ก	166	830	0.57	0.1173
รวม				8.4047

แสดงวิธีการคำนวณผลลัพธ์ในตารางที่ 4.27

กำหนดให้ อัตราการลดลงของ CCS จากการรอคอยในระบบเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0248 CSS/ชั่วโมง/ตัน และกำหนดให้ 10 CCS/ตัน คือ 10% คุณตันอ้อย จะเท่ากับตันน้ำตาล โดยพิจารณาราคาขายน้ำตาลที่กระสอบละ 1,070 บาท (1 กระสอบเท่ากับ ปริมาณน้ำตาลทรายสุทธิ 50 กิโลกรัม)

- รถสิบล้อสามารถขนอ้อยได้ 15 ตัน ดังนั้นจะได้จำนวนตันอ้อยเท่ากับ 807×15 เท่ากับ 12,105 ตัน

- ถ้าโดยเฉลี่ยรถสิบล้อมีเวลาที่อยู่ในระบบลดลง 2.32 ชั่วโมง จะได้ค่า CCS ที่ลดลงเท่ากับ 2.32×0.0248 เท่ากับ 0.0575 CSS/ตัน ดังนั้นจากอ้อย 12,105 ตัน คาดว่าจะประหยัดการสูญเสียน้ำตาลได้เท่ากับ $0.0575\% \times 12,105$ เท่ากับ 6.9647 ตันน้ำตาล

ในการทำงานเดียวกันกับรถสิบล้อ

รถพ่วง มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 25 ตัน/คัน

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย = $25 \times 92 = 2,300$ ตัน

และคาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้ = $(2.35 \times 0.0248)\% \times 2,300 = 1.3404$ ตัน

รถเล็ก มีปริมาณขนส่งต่อคัน เท่ากับ 5 ตัน/คัน

ดังนั้นคิดเป็นปริมาณอ้อย = $5 \times 166 = 830$ ตัน

และคาดการณ์ผลประหยัดน้ำตาลได้ = $(0.57 \times 0.0248)\% \times 830 = 0.1173$ ตัน

ดังนั้นผลคาดการณ์ปริมาณตันน้ำตาลรวมที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 8.4047 ตันน้ำตาล และคิดเป็นเงินได้เท่ากับ $8.4047 \times 20 \times 1,070$ เท่ากับ 179,861 บาทต่อหนึ่งรอบการส่ง (วัน)

ดังนั้นจะลงทุนแท่นเท 1 แท่น มูลค่า 500,000 บาท จะใช้เวลาคืนทุน $500,000/179,861$ ประมาณ 3 วัน

ตารางที่ 4.28 สรุปผลเปรียบเทียบผลต่างของ จำนวนรถขาออก และเวลาในระบบที่ลดได้ของแนวทางปัจจุบันกับกลยุทธ์ต่างๆ

กลยุทธ์	จำนวนรถขาออกที่ลดได้ต่อวัน			เวลาในระบบที่ลดได้ (นาฬิกาต่อวัน)		
	รถสิบล้อ	รถพ่วง	รถเล็ก	รถสิบล้อ	รถพ่วง	รถเล็ก
1	90	42	5	172.54	176.61	18.85
2	88	46	3	115.66	119.96	34.29
3	85	9	27	84.91	52.29	160.16
4	181	29	3	139.57	140.84	34.39

ตารางที่ 4.29 สรุปผลตอบแทนและการลงทุนที่ได้จากการทดลองทั้ง 4 กลยุทธ์

กลยุทธ์	ผลตอบแทนสุทธิที่ได้ * (บาท)	เงินที่ลงทุน	ระยะคืนทุน (รอบการ ส่ง)
1	203,754	5,100,000	26
2	147,716	500,000	4
3	101,423	-	-
4	179,861	500,000	3

* ผลตอบแทนที่หักลบเงินลงทุนแล้ว

จากการทดลองพบว่า กลยุทธ์ที่ 4 ได้มีการลงทุนซื้อแท่นเทที่ 5 และมีการจัดสรรให้แท่นเทที่ 1 กับแท่นเทที่ 5 ไว้สำหรับรองรับรถประเภทสิบล้อเท่านั้น และรถสิบล้อยังสามารถไปเทอ้อยยังแท่นเทที่ 2, 3 และ 4 ได้ ซึ่งผลที่ได้คือ ปริมาณรถบรรทุกที่ออกมาจากระบบเป็นจำนวนมากขึ้น และยังสามารถลดเวลาในระบบของรถบรรทุกแต่ละประเภทโดยรวมลงได้

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะใช้เงินลงทุนซื้อแท่นเทค่อนข้างสูงแต่เนื่องจากการจัดสรรลำดับการเทอ้อยของรถบรรทุกที่เหมาะสมกว่าการจัดสรรในปัจจุบัน จึงทำให้ระยะเวลาการคืนทุนสั้น และ จะมีผลกำไรเพิ่มมากกว่ากลยุทธ์ทางเลือกอื่นๆ

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการการนำเข้าวัตถุดิบหรืออ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ด้วยการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน โดยในส่วนการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีการพิจารณาเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้จริงยิ่งขึ้น นอกจากนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางในการปฏิบัติเดิมของเกษตรกรที่นิยมเก็บเกี่ยวอ้อยในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน แต่อาจมีผลให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมจากอ้อยที่เก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการส่งอ้อยที่ต่ำ ดังนั้นเพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจเปรียบเทียบกันระหว่างการเก็บเกี่ยวในแปลงที่ห่างไกลกันมากขึ้น แต่ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่สูงสุด จึงนำเสนอปัญหาออกมาในรูปแบบของปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Problem) ซึ่งวัตถุประสงค์ที่ 1 คือเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่สูงที่สุด (Maximize Sugarcane Yield) และวัตถุประสงค์ที่ 2 คือเพื่อให้เกิดระยะทางในการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุด (Minimize Total Distance) โดยผลเฉลยที่ได้จะออกมาเป็นกลุ่มคำตอบบนขอบหน้าพาเรโต ซึ่งสามารถนำไปเป็นกลยุทธ์ทางเลือกให้เกษตรกรแต่ละกลุ่มสามารถเลือกดำเนินการตามความพึงพอใจ ซึ่งทั้งหมดนี้จะนำไปสู่การบูรณาการการบริหารจัดการร่วมกันระหว่างทางโรงงานน้ำตาลและเกษตรกร นำไปสู่ระบบการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับเทคนิคและวิธีการที่ใช้เพื่อการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้คือการพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านขนาดปัญหาที่สามารถรองรับได้ รวมทั้งไม่สามารใช้ในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะแบบหลายวัตถุประสงค์ได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้นำเทคนิคทางเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-heuristics) ที่เรียกว่าวิธีการเคลื่อนที่ของฝูงอนุภาคแบบหลายโครงสร้างทางสังคม (GLN Particle swarm optimization หรือ GLNPSO) ที่นำเสนอโดย Pongchairerks และ Kachitvichyanukul (2005, 2009) มาประยุกต์ใช้ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี GLNPSO ในแก้ปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ผู้ศึกษาจึงได้นำเสนอแนวทางในการถอดรหัส (Decoding) ที่แตกต่างกัน และในส่วนของการแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธี GLNPSO ที่ต้องมีการกำหนดกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ปรับใช้ 4 กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง ที่นำเสนอในงานของ Wisittipanuch และ Kachitvichayanukul (2013) และได้เสนอทางเลือกในการใช้กลยุทธ์ทั้ง 4 ร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลาย (Diversity) และเพิ่มความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบที่ดีขึ้น

โดยผลจากการศึกษาดังนำเสนอไว้ในบทที่ 7 พบว่าในการแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบหลายวัตถุประสงค์ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการในการถอดรหัสทั้งหมด 7 รูปแบบคือ

- การถอดรหัสที่ 1 (Dc1) ใช้หลักการลำดับสำคัญตามค่าที่สุ่มได้ (Ranked-order Value: ROV)
- การถอดรหัสที่ 2 (Dc2) เลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่อยู่ใกล้เคียงกันที่สุด (Based Distance)
- การถอดรหัสที่ 3 (Dc3) เลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่มีค่าความหวานมากที่สุด (Based Sugarcane CCS)
- การถอดรหัสที่ 4 (Dc4) เลือกเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่มีสัดส่วนระหว่างค่าความหวานของแปลงอ้อยลำดับถัดไป ทหารด้วย ระยะทางระหว่างแปลงอ้อยที่พิจารณากับแปลงอ้อยในลำดับถัดไป ที่มากที่สุด
- การถอดรหัสที่ 5 (Dc5) แบ่งอนุภาคออกเป็น 4 ฝูงย่อย แล้วให้แต่ละฝูงเลือกใช้การถอดรหัส Dc1 – Dc4 ตามลำดับ (Sub-swarm Selection)

- การถอดรหัสที่ 6 (Dc6) ให้แต่ละอนุภาคเลือกใช้รูปแบบการถอดรหัส Dc1 – Dc4 ด้วยการสุ่มเลือกใช้ (Random Selection)
- การถอดรหัสที่ 7 (Dc7) รูปแบบการเลือกโดยผสมระหว่าง Dc5 และ Dc6 (Mixed Selection)

การทดสอบด้วยการเปรียบเทียบค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ของการทดลอง 3 ซ้ำ ของแต่ละรูปแบบการถอดรหัส พบว่าการถอดรหัสที่ 5 (Dc5) มีค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ที่ต่ำที่สุด นั่นหมายถึงมีจำนวนผลเฉลยที่ครอบงำ (Dominance) โดยผลเฉลยที่ได้จากการถอดรหัสรูปแบบอื่นค่อนข้างน้อย หรือไม่มีเลย

และในส่วนของการเคลื่อนที่ของฝูงได้ทำการแบ่งเป็น 7 รูปแบบเช่นเดียวกัน ดังนี้

- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 1 (Ms1)
- $\omega_{lh}(\tau+1) = w(\tau)\omega_{lh}(\tau) + c_p u(\psi_{lh} - \theta_{lh}(\tau)) + c_i u(\psi_{lh}^L - \theta_{lh}(\tau)) + c_n u(\psi_{lh}^N - \theta_{lh}(\tau))$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 2 (Ms2)
- $\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u(y_{R1,h} - \theta_{lh}(\tau))$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 3 (Ms3)
- $\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u[(E_{1,d} - \theta_{lh}(\tau)) + (E_{1,d} - E_{2,d})]$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 4 (Ms4)
- $\omega_{lh}(\tau+1) = c_g u(y_{R1,h} - y_{R2,h})$
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 5 (Ms5)
- แบ่งอนุภาคออกเป็น 4 ฝูงย่อย แล้วให้แต่ละฝูงเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง Ms1 – Ms4 ตามลำดับ (Sub-swarm Selection)
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 6 (Ms6)
- ให้แต่ละอนุภาคเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง Ms1 – Ms4 ด้วยการสุ่มเลือกใช้ (Random Selection)
- กลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 7 (Ms7)
- รูปแบบการเลือกโดยผสมระหว่าง Ms5 และ Ms6 (Mixed Selection)

เมื่อทำการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ของการทดลอง 3 ซ้ำ ของแต่ละกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูง พบว่ากลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 7 (Ms7) มีค่าผลรวมเมตริกซ์ $\tilde{C}$ ที่ต่ำที่สุด และสอดคล้องกับรูปแบบการถอดรหัสที่ 5 (Dc5) ที่มีความสามารถในการค้นหาคำตอบได้ดีหรือมีจำนวนผลเฉลยที่ไม่ถูกครอบงำ (Non-dominance) หากใช้ร่วมกับกลยุทธ์การเคลื่อนที่ของฝูงที่ 7 และเมื่อทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาทั้งด้านการจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อย ทั้งในส่วนของการแบบทางคณิตศาสตร์และวิธีทางเมตะฮิวริสติกส์สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อรองรับการวางแผนการนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตให้มีคุณภาพสูงขึ้น รวมทั้งเกิดต้นทุนทางโลจิสติกส์ที่ต่ำลง ดังผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงคำตอบในการจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ให้ผลตอบแทนของค่าวัตถุประสงค์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.7 -8.7 ของแนวทางในการจัดการรูปแบบเดิม (Current Practice) ซึ่งทั้งหมดนี้ถือเป็นทางเลือกให้กับทางเกษตรกรชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลดำเนินการเพื่อการจัดการด้านอ้อยร่วมกันหรือการทำงานในเชิงบูรณาการ โดยสามารถนำเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจนี้

ไปใช้ในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโลจิสติกส์อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทยให้มีศักยภาพในการแข่งขันกับตลาดโลกและเกิดความยั่งยืนของธุรกิจต่อไป

สำหรับในส่วนการศึกษาการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อยสำหรับการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษา ซึ่งประเภทของรถบรรทุกสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) รถสิบล้อ 2) รถพ่วง และ 3) รถขนาดเล็ก ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ประการ ได้แก่ ประการแรกปัญหาเรื่องปริมาณของรถบรรทุกที่เข้ามานั้นมีจำนวนน้อยจึงทำให้ปริมาณอ้อยที่เข้ามานั้นน้อยกว่ากำลังการผลิตของโรงงาน ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากโรงงานเพิ่งเปิดทำการจึงทำให้ยังมีเกษตรกรที่รู้จักน้อยรวมไปถึงโรงงานแห่งแรกยังไม่สามารถที่จะกระจายปริมาณรถบรรทุกมายังโรงงานแห่งที่สองเพราะยังอยู่ในช่วงของการวางแผน และปัญหาเรื่องการบริหารจัดการกระบวนการเข้ามาของรถบรรทุกไปยังหน้าลานเท ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากไม่สามารถคาดเดาปริมาณรถบรรทุกที่เข้ามาในแต่ละวันได้ รวมไปถึงการใช้เวลาในบางกระบวนการที่มากเกินไป จึงได้มีการนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena version 14.50.00002 เพื่อทำการศึกษาสาเหตุของปัญหาในปัจจุบัน พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และในอนาคตหากมีการขยายกำลังการผลิตจากโรงงานแห่งแรกมายังแห่งที่สอง ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นคือจะมีจำนวนรถบรรทุกที่เข้ามายังโรงงานมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในระบบจะมากขึ้น ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้มีการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหานั้น ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 4 แนวทาง คือ 1) แนวทางการให้ความสำคัญรถสิบล้อและรถพ่วง 2) แนวทางการเพิ่มแท่นเทจำนวนหนึ่งแท่น 3) แนวทางการให้ความสำคัญแท่นเทอ้อยที่หนึ่ง สำหรับรถสิบล้อเท่านั้น และ 4) แนวทางการเพิ่มแท่นเทอ้อยแห่งที่ห้ารวมไปถึงมีการจัดสรรให้แท่นเทอ้อยที่หนึ่งกับแท่นเทที่ห้าสำรองไว้สำหรับการบริการรถประเภทสิบล้อเท่านั้น โดยแนวทางที่เหมาะสมที่สุด คือแนวทางที่ 4 ซึ่งเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถลดเวลาโดยรวมเฉลี่ยที่อยู่มาในระบบของรถบรรทุกอ้อยลง และมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรต่าง ๆ มากขึ้นนอกจากนี้แนวทางของกลยุทธ์ที่ 4 ที่นำเสนอมีการใช้เงินที่ลงทุนน้อยที่สุดคือ 500,000 บาท ใช้ระยะเวลาในการคืนทุนสั้นที่สุดคือ 3 วัน และได้ผลกำไรตอบแทนมากที่สุดคือ 179,861 บาท/หนึ่งรอบการส่ง ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงแก้ไข

5.2 ผลประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

- ตัวแบบการวางแผนการจัดหาอ้อยสามารถใช้ในการพิจารณาการวางแผนการเก็บเกี่ยว การขนส่งและการจัดสรรหน้าลานโรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- เครื่องมือในการตัดสินใจที่ได้รับในการพัฒนาขั้นนี้สามารถสร้างข้อได้เปรียบในการวางแผนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งโดยการพิจารณาวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจหลายวัตถุประสงค์พร้อมกันได้
- ตัวแบบที่เสนอนั้นมีความสำคัญสำหรับการใช้งานจริงเนื่องจากได้มีการพิจารณาข้อจำกัดถึงความพร้อมและการเข้าถึงได้ของแปลงอ้อยในแต่ละช่วงเวลา
- การถ่ายโอนข้อมูลและความรู้ในการบูรณาการระบบการจัดหาอ้อยที่สามารถช่วยให้โรงงานประหยัดเงินค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเพิ่มผลผลิตน้ำตาล

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) เพื่อการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโลจิสติกส์นำเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในอนาคตเพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงและเป็นการเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่อุปทานให้มากขึ้น กิจกรรมในส่วนอื่น เช่น
 - กิจกรรมการเพาะปลูก ที่ต้องมีการวางแผนการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยที่เหมาะสม

- กิจกรรมการจัดการหน้าลาน ที่ในอนาคตควรปรับให้มีการจัดสรรใบคิวด้วยการพิจารณาร่วมกันทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพของอ้อยพร้อมกัน

- รวมทั้งการเสนอแนวคิดเพื่อการใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างเกษตรกรแต่ละราย เพื่อให้ทรัพยากรอย่าง แรงงาน รถตัด หรือรถบรรทุกขนส่ง มีการใช้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหารายได้ของแรงงานตัดที่ไม่ต่อเนื่อง หรือปัญหากำลังการเก็บเกี่ยวและขนส่ง ของรถตัดและรถบรรทุกไม่มีความคุ้มค่าต่อหน่วยเมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ตลอดทั้งฤดูเก็บ

2) เพื่อเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาของวิธีการที่นำเสนอให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ในอนาคตอาจพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาร่วมกับอัลกอริทึมอื่น เช่น

- การผสมผสานกับเมตะฮิวริสติกส์อื่น (Hybrid Meta-heuristics)
- หรือการนำหลักการการปรับค่าพารามิเตอร์แบบอัตโนมัติ เช่น การปรับจำนวนอนุภาค การเลือกใช้กลยุทธ์การเคลื่อนที่ฝูง หรือค่าคงที่ความเร่ง ที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละรอบการคำนวณได้

3) ในส่วนของผลการศึกษาการจำลองสถานการณ์การจัดสรรคิวในการเทอ้อย พบว่า

- ควรมีการจัดสรรแท่นเทอ้อยให้เหมาะสมกับประเภทของรถบรรทุกที่เข้ามาโดยให้มีการทำงานสอดคล้องกัน รถประเภทไหนมีการเข้ามาในปริมาณมาก ก็ควรจัดสรรแท่นเทไว้รองรับแต่รถประเภทนั้นก่อนแล้วจึงให้บริการรถประเภทอื่นภายหลัง เพราะจะทำให้เวลาที่เข้ามายังแท่นเทนั้นลดลง และยังสามารถรักษาค่าประสิทธิภาพความหวานของอ้อยที่รถบรรทุกมาด้วย

- ควรมีระบบการจำแนกอ้อยขณะเทลงแท่นเทให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถเทอ้อยที่แท่นเทใดก็ได้ โดยไม่ต้องจับคู่การเท

- ในอนาคตถ้ามีการเข้ามาของรถบรรทุกเป็นจำนวนมากเกินกำลังการผลิตของโรงงาน อาจมีการสร้างเฟส 2 เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา เศรษฐนันท์. (2558). **เมตะฮิวริสติกส์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม**. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา.
- รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ. 2553. คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง). ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ.
- Andrew J. Higgins*, Russell C. Muchow, Assessing the potential benefits of alternative cane supply arrangements in the Australian, **Agricultural Systems** 76 (2003) 623–638.
- Chetthamrongchai, P., Auansakul, A., & Supawan, D. (2001). Assessing the transportation problems of the sugarcane industry in Thailand. **Transp. Commun. Bull. Asia Pacific**, 70, 31–40.
- Chiadamrong, N., & Kawtummachai, R. (2008). A methodology to support decision-making on sugar distribution for export channel: A case study of Thai sugar industry. **Computer and electronics in agriculture**, 64, 248-261.
- da Silva, A.F., Marins, F.A.S., & Montevechi, J.A.B. (2013). Multi-choice mixed integer goal programming optimization for real problems in a sugar and ethanol milling company. *Applied Mathematical Modelling*, 37, 6146–6162.
- Esteban Lopez Milan, Silvia Miquel Fernandez, Lluís Miquel Pla Aragones, Sugar cane transportation in Cuba, a case study, **European Journal of Operational Research** 174 (2006) 374-386.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2013. FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm> (accessed 01.07.15).
- Higgins, A.J., Muchow, R.C., Rudd, A.V., & Ford, A.W. (1998). Optimising harvest date in sugar production: A case study for the Mossman mill region in Australia I. Development of operations research model and solution. *Field Crops Research*, 57, 153–162.
- Higgins, A., Antony, G., Sandell, G., Davies, I., Prestwidge, D., & Andrew, B. (2004). A framework for integrating a complex harvesting and transport system for sugar production. **Agricultural Systems**, 82, 99–115.
- Higgins, A., & Davies, I. (2005). A simulation model for capacity planning in sugarcane transport. **Computers and Electronics in Agriculture**, 47, 85-102.

Higgins, A., Beashel, G., & Harrison, A. (2006). Scheduling of Brand Production and Shipping within a Sugar Supply Chain. **The Journal of the Operational Research Society**, 57(5), 490-498.

Higgins, A.J., & Laredo, L.A. (2006). Improving Harvesting and Transport Planning within a Sugar Value Chain. **Journal of the Operational Research Society**, 57, 367-376.

Higgins, A., Thorburn, P., Archer, A., & Jakku, E. (2007). Opportunities for value chain research in sugar industries. **Agricultural Systems**, 94, 611-621.

Grunow, M., Günther, H.O., & Westinner, R. (2007). Supply optimization for the production of raw sugar. **International Journal of Production Economics**, 110, 224-239.

Jackson, P.A. (2005). Breeding for improved sugar content in sugarcane. **Field Crops Research**, 92, 277-290.

James H. Cock*, Carlos A. Luna, Alberto Palma, The trade-off between total harvestable production and concentration of the economically useful yield component: cane tonnage and sugar content, **Field Crops Research** 67 (2000) 257-262.

Jena, S.D., & Poggi, M. (2013). Harvest planning in the Brazilian sugar cane industry via mixed integer programming. **European Journal of Operational Research**, 230, 374-384.

Jiao, Z., Higgins, A.J., & Prestwidge, D.B. (2005). An integrated statistical and optimisation approach to increasing sugar production within a mill region. **Computers and Electronics in Agriculture**, 48, 170-181.

Kelton W.D., Sadowski R.P. & Swets N.B. 2010. **Simulation with Arena**. 5th Ed. New York: McGraw-Hill Higher Education.

Khamjan, W., Khamjan, S., & Pathumnakul, S. (2013). Determination of the locations and capacities of sugar cane loading stations in Thailand. **Computers & Industrial Engineering**, 66, 663-674.

Iannoni, A.P., & Morabito, R. (2006). A discrete simulation analysis of a logistics supply system. **Transportation Research Part E**, 42, 191-210.

Lawes, R.A., & Lawn, R.J. (2005). Applications of industry information in sugarcane production systems. **Field Crops Research**, 92, 353-363.

Lana Mara R. dos Santos, , , Alysson M. Costa, Marcos N. Arenales, Ricardo Henrique S. Santos, Sustainable vegetable crop supply problem, **European Journal of Operational Research** Volume 204, Issue 3, 1 August 2010, Pages 639–647.

Lejars, C., Gal, P.Y.L., & Auzoux, S. (2008). A decision support approach for cane supply management within a sugar mill area. **Computers and electronics in agriculture**, **60**, 239–249.

Lejars, C., Auzoux, S., Siegmund, B., & Letourmy, P. (2010). Implementing sugarcane quality-based payment systems using a decision support system. **Computers and Electronics in Agriculture**, **70**, 225–233.

Lingle, S.E., Viator, R.P., Johnson, R.M., Tew, T.L., & Boykin, D.L. (2009). Recurrent selection for sucrose content has altered growth and sugar accumulation in sugarcane. **Field Crops Research**, **113**, 306–311.

Masoud, M., Kozan, E., & Kent, G. (2011). A job-shop scheduling approach for optimizing sugarcane rail operations. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, **23**, 181-206.

Milan, E.L., Fernandez, S.M., & Aragonés, L.M.P. (2006). Sugar cane transportation in Cuba, a case study. **European Journal of Operational Research**, **174**, 374–386.

Maximiliano Salles Scarpari, Edgar Gomes Ferreira de Beauclair. (2004). Sugarcane Maturity Estimation Through Edaphic-climatic Parameters, **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)**, v.61, n.5, p.486-491.

Muchow, R.C., Higgins, A.J., Rudd, A.V., & Ford, A.W. (1998). Optimising harvest date in sugar production: a case study for the Mossman mill region in Australia II. Sensitivity to crop age and crop class distribution. **Field Crops Research**, **57**, 243–251.

M.E. Salassi, J.B. Breaux, C.J. Naquin, Modeling within-season sugarcane growth for optimal harvest system selection. **Agricultural System** **73** (2002) 261-278.

Nagar, A.; Heragu, S., et al. A branch and bound approach for two-machine flowshop scheduling problem. **Journal of the Operational Research Society**, 1995, 46: p. 721-734.

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.

Pongcharoen, P., Stewardson, D. J., Hicks, C., and Braiden, P. M. (2001), Applying designed experiments to optimise the performance of genetic algorithms used for scheduling complex products in the capital goods industry, **Journal of Applied Statistics**, 28(3-4), 441-455.

P.-Y. Le Gal, J. Le Masson, C.N. Bezuidenhout, L.F. Lagrange, Coupled modelling of sugarcane supply planning and logistics as a management tool, **Computers and Electronics in Agriculture**, Volume 68, Issue 2, October 2009, Pages 168–177.

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, 58–66.

Ruhul Sarker, Tapabrata Ray, An improved evolutionary algorithm for solving multi-objective crop planning models, **Computers and Electronics in Agriculture**, Volume 68, Issue 2, October 2009, Pages 191–199.

Salassi, M.E., & Champagne, L.P. (1998). A spreadsheet-based cost model for sugarcane harvesting system. **Computers and Electronics in Agriculture**, 20, 215-227.

Sanjay Dominik Jena , Marcus Poggi, Harvest planning in the Brazilian sugar cane industry via mixed integer programming, **European Journal of Operational Research** 230 (2013) 374–384.

Semenzato, R., Lozano, S., & Valero, R.A. (1995). Discrete Event Simulation of Sugar Cane Harvesting Operations. *The Journal of the Operational Research Society*, 46(9), 1073-1078.

Stray, B.J., van Vuuren, J.H., & Bezuidenhout, C.N. (2012). An optimisation-based seasonal sugarcane harvest scheduling decision support system for commercial growers in South Africa. **Computers and Electronics in Agriculture**, 83, 21–31.

Trond Bjørndal, Daniel E Lane, Andrés Weintraub, Operational research models and the management of fisheries and aquaculture: A review, **European Journal of Operational Research**, Volume 156, Issue 3, 1 August 2004, Pages 533-540.

W.K.Klein Haneveld, , A.W. Stegeman, Crop succession requirements in agricultural production planning, **European Journal of Operational Research** Volume 166, Issue 2, 16 October 2005, Pages 406–429.

Zhaorong Jiao, Andrew J. Higgins, Diane B. Prestwidge, An integrated statistical and optimization approach to increasing sugar production within a mill region. **Computers and Electronics in Agriculture** 48 (2005) 170-181.

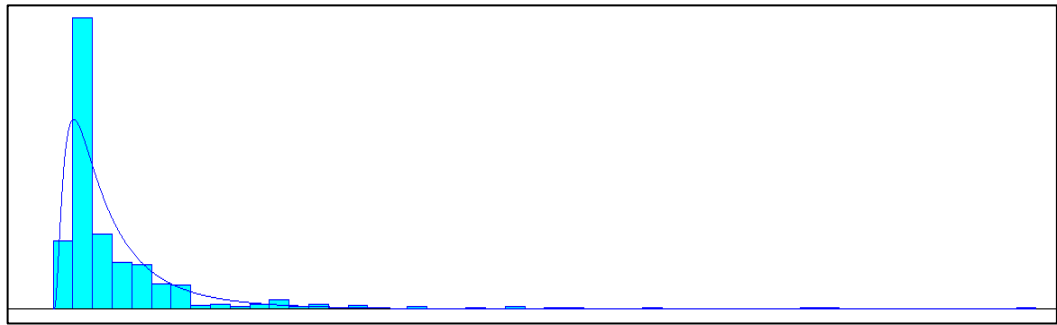
ภาคผนวก ก

การแจกแจงระยะห่างของเวลาการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อย

ภาคผนวก ก

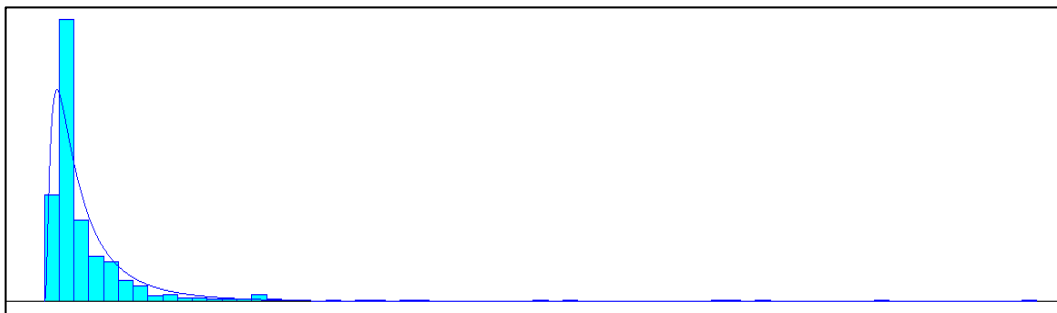
การแจกแจงระยะห่างของเวลาการเข้ามาของรถบรรทุกอ้อย

ข้อมูล วันที่ 1



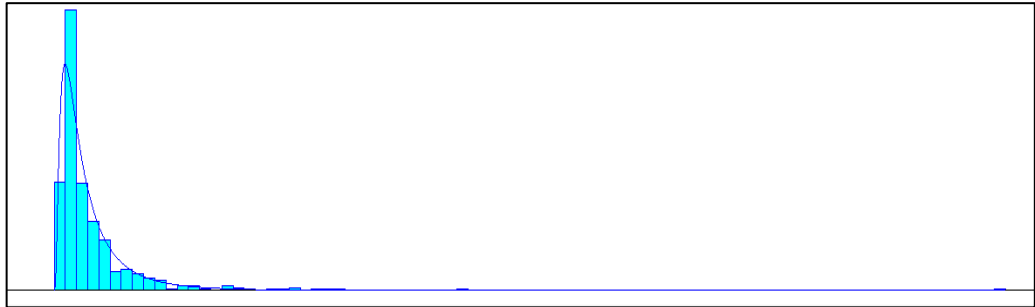
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.27, 3.52)$

ข้อมูล วันที่ 2



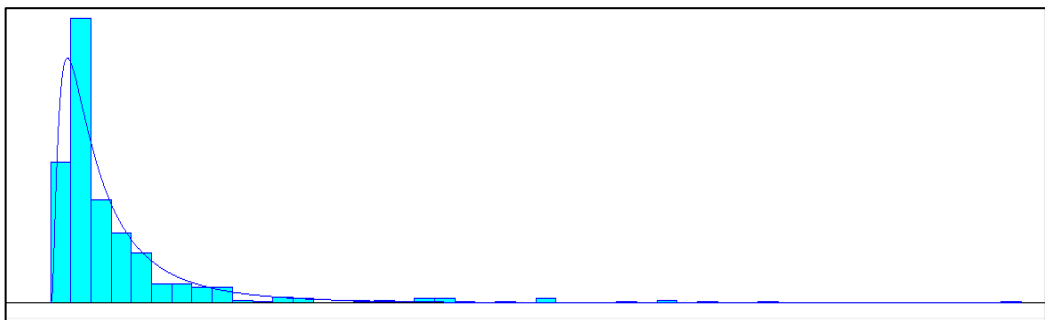
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.19, 3.86)$

ข้อมูล วันที่ 3



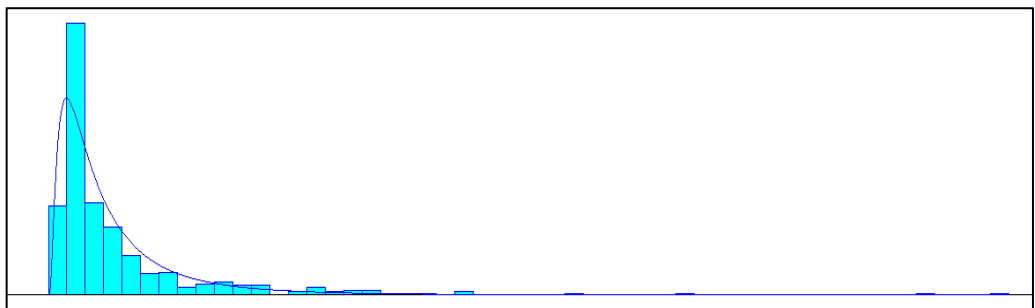
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.21, 3.58)$

ข้อมูล วันที่ 4



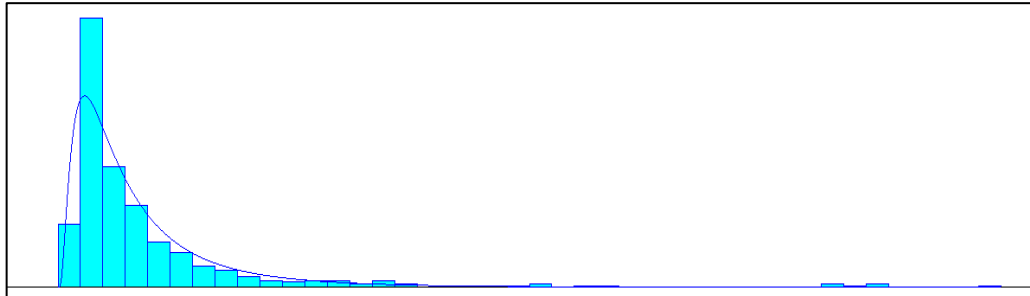
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.3, 4.09)$

ข้อมูล วันที่ 5



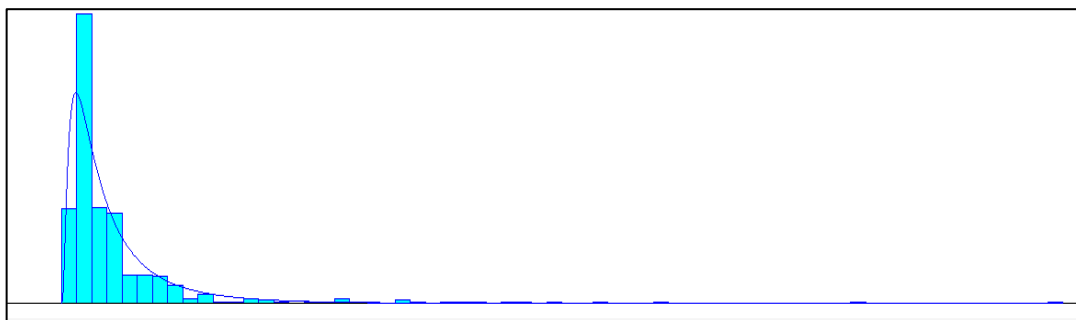
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.65, 4.36)$

ข้อมูล วันที่ 6



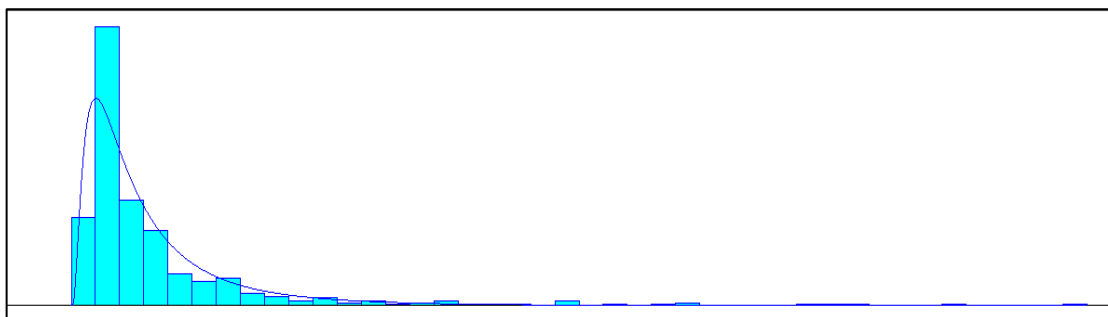
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.73, 4.04)$

ข้อมูล วันที่ 7



Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.61, 4.34)$

ข้อมูล วันที่ 8



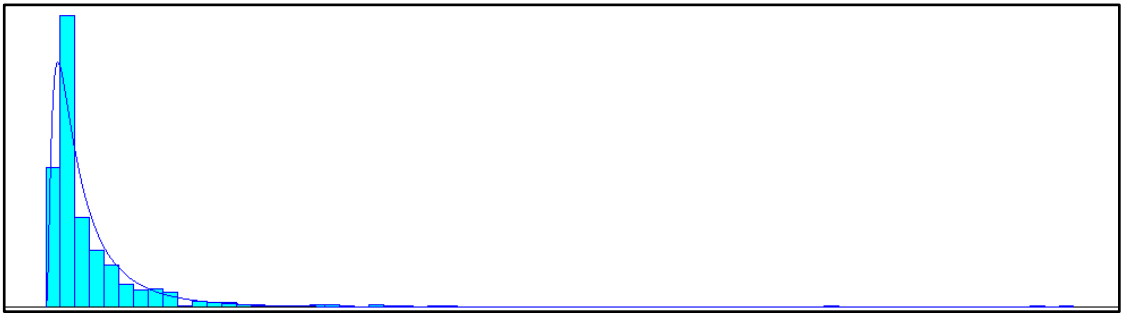
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.39, 3.8)$

ข้อมูล วันที่ 9



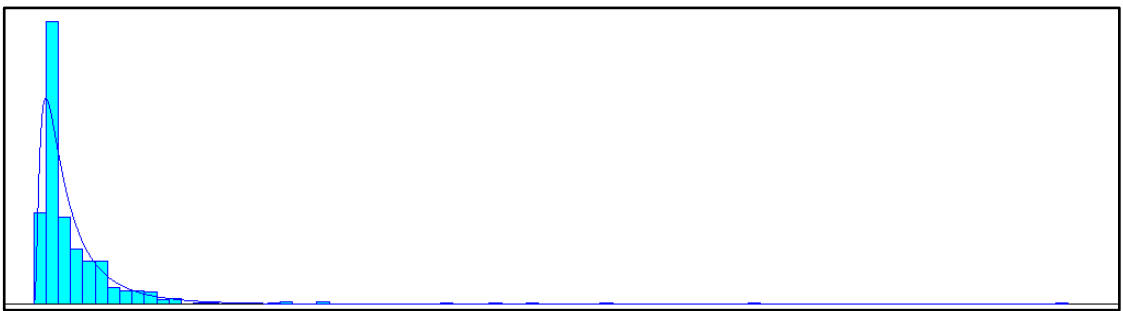
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.39, 3.8)$

ข้อมูล วันที่ 10



Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.14, 3.86)$

ข้อมูล วันที่ 11



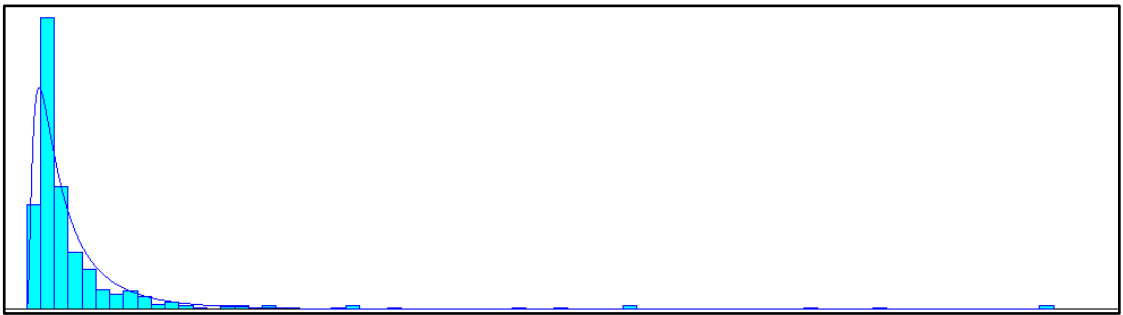
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.37, 3.86)$

ข้อมูล วันที่ 12



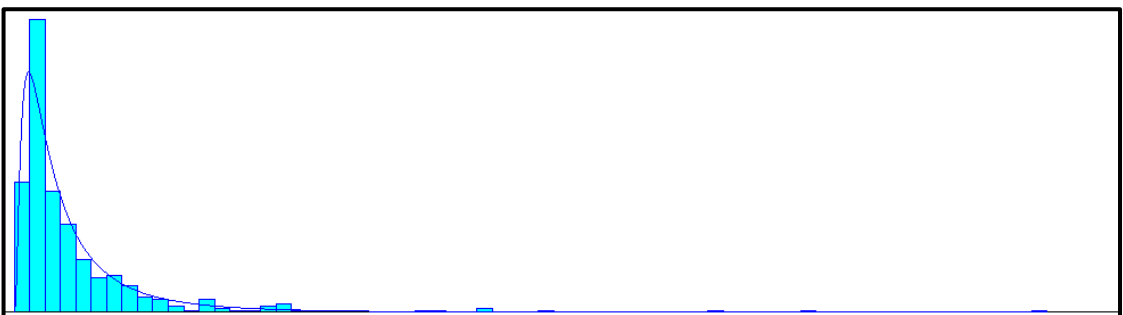
Expression: $-0.001 + \text{EXPO}(3.14)$

ข้อมูล วันที่ 13



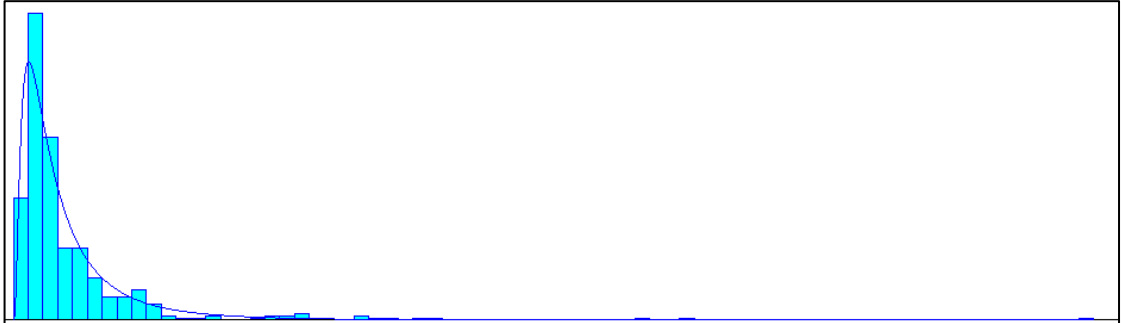
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.47, 4.27)$

ข้อมูล วันที่ 14



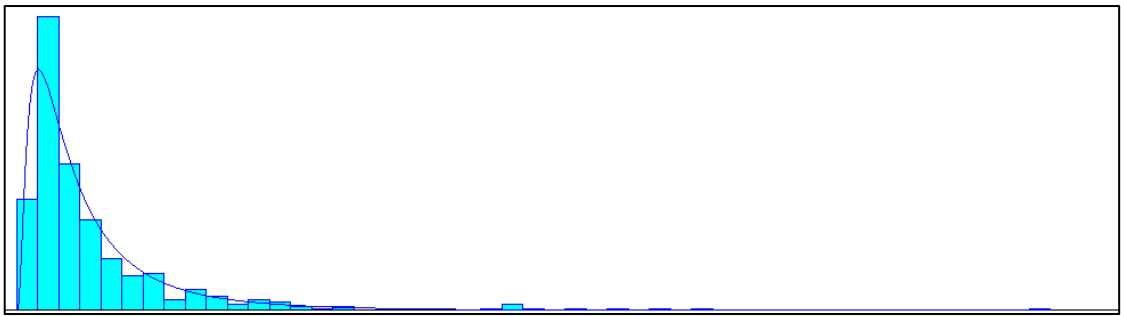
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.92, 5.05)$

ข้อมูล วันที่ 15



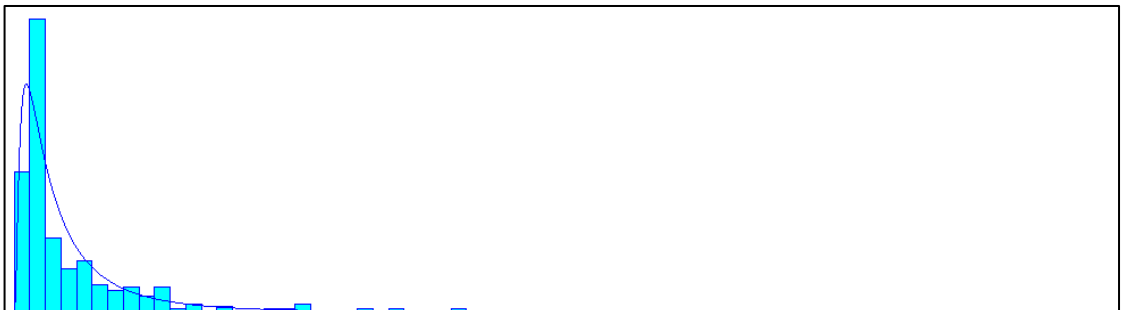
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.74, 4.43)$

ข้อมูล วันที่ 16



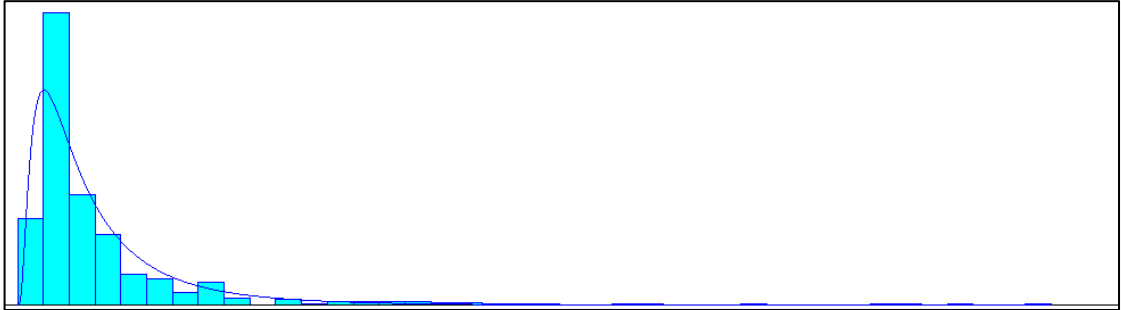
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.65, 4.2)$

ข้อมูล วันที่ 17



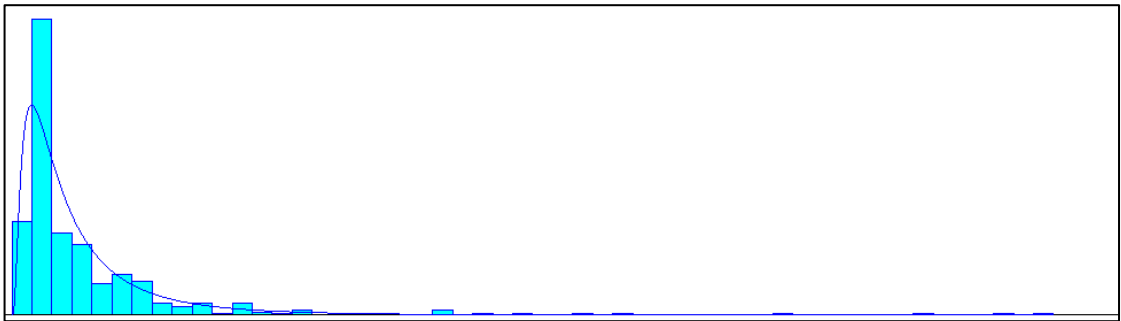
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.91, 5.52)$

ข้อมูล วันที่ 18



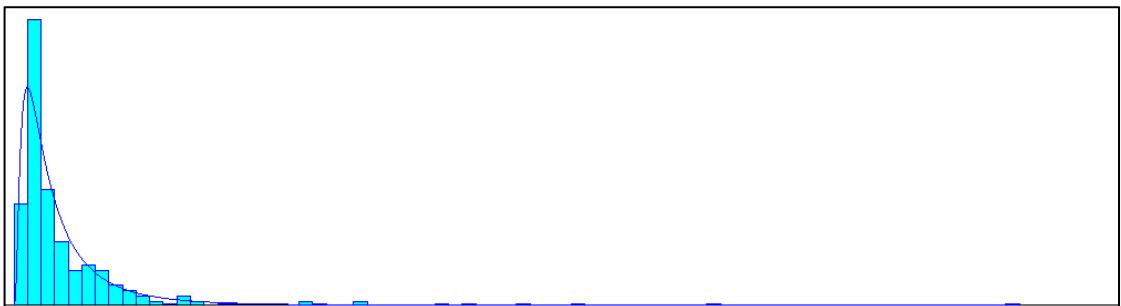
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.25, 3.53)$

ข้อมูล วันที่ 19



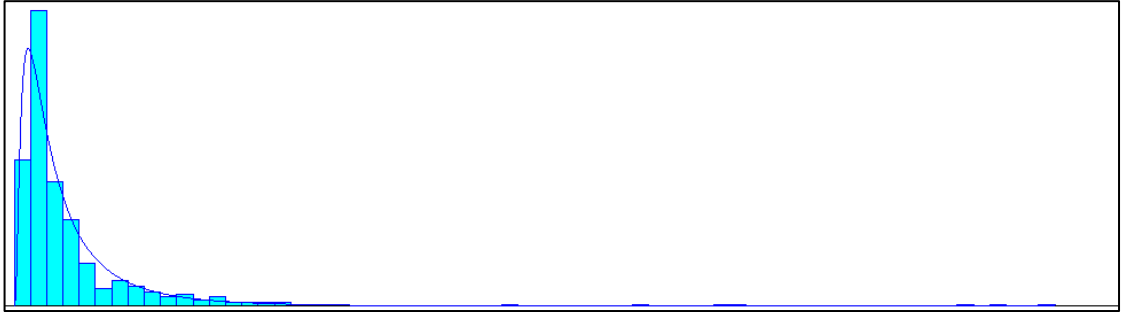
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.51, 4.12)$

ข้อมูล วันที่ 20



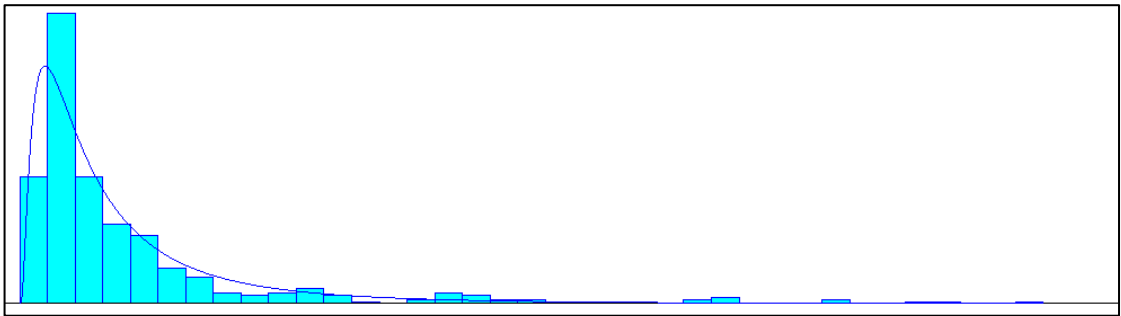
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.58, 4.24)$

ข้อมูล วันที่ 21



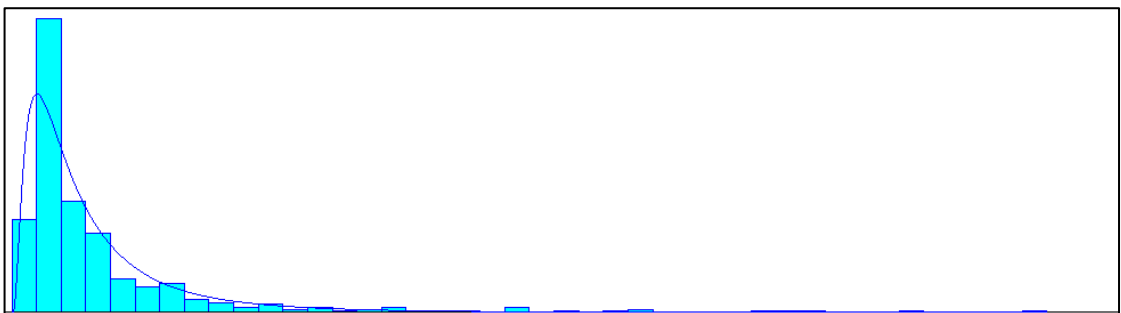
Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.46, 4.36)$

ข้อมูล วันที่ 22



Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.93, 5.07)$

ข้อมูล วันที่ 23



Expression: $-0.5 + \text{LOGN}(3.39, 3.8)$

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้น

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้น

1. ขั้นตอนการรับบัตรคิว

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 Create Module

สร้าง Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Create Truck เพื่อสร้างวัตถุชื่อ Truck เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการเข้ามาถึงแบบลอการิทึม ด้วยค่าเฉลี่ย $-0.5 + \text{LOGN}(3.64, 4.71)$ นาที

1.2 Assign Module

ชื่อ	ประเภท	ชื่อประเภท	กระบวนการทำงาน
Assign %	Attribute	Type	แบ่งแยกประเภทตามเปอร์เซ็นต์การแจกแจงการเข้ามาของรถบรรทุกทุกแบบ DISC(0.786, 1, 0.902, 2,1,3)
Assign Ten Wheeled Truck	Attribute	Time	ให้ค่าการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม UNIF(9,9.5) ติดตัววัตถุไปใช้กำหนดเวลาในการทำงานของแท่นเทอ้อย
	Attribute	Attribute	ให้ค่าคงที่ 2 ติดตัววัตถุไป
	Attribute	Time in system	ใช้สูตร TNOW เพื่อเก็บค่าเวลาปัจจุบัน ขณะที่รถบรรทุกเข้าสู่โมดูล
	Entity Type	Ten Wheeled Truck	ใช้ชื่อ Ten Wheeled Truck เพื่อบ่งบอกว่า เป็นรถสิบล้อ
Assign Trailer Truck	Attribute	Time	ให้ค่าการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

			TRIA(18,20,22) คัดตัววัตถุไปใช้กำหนดเวลาในการทำงานของแท่นเท้อย
	Attribute	Attribute	ให้ค่าคงที่ 2 คัดตัววัตถุไป
	Attribute	Time in system	ใช้สูตร TNOW เพื่อเก็บค่าเวลาปัจจุบัน ขณะที่รถบรรทุกเข้าสู่โมดูล
	Entity Type	Trailer Truck	ใช้ชื่อ Trailer Truck เพื่อบ่งบอกว่าเป็นรถพ่วง
Assign From Truck	Attribute	Time	ให้ค่าการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม UNIF(9,9.5) คัดตัววัตถุไปใช้กำหนดเวลาในการทำงานของแท่นเท้อย
	Attribute	Attribute	ให้ค่าคงที่ 1 คัดตัววัตถุไป
	Attribute	Time in system	ใช้สูตร TNOW เพื่อเก็บค่าเวลาปัจจุบัน ขณะที่รถบรรทุกเข้าสู่โมดูล
	Entity Type	Fram Truck	ใช้ชื่อ Fram Truck เพื่อบ่งบอกว่าเป็นรถเล็กไม่ลงเท้อย

1.3 Delay Module

สร้าง Delay Module ชื่อ Delay Queue เพื่อทำกิจกรรมตอนที่รถบรรทุกแต่ละประเภทเข้ามารับบัตรคิวก่อนเข้าโรงงาน โดยกำหนดเวลาในการรับบัตรคิว 1 นาที

1.4 Decide Module

สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Type เพื่อคัดแยกรถบรรทุกแต่ละประเภท โดยใช้เกณฑ์การเงื่อนไขในการตัดสินใจหลายเงื่อนไข (N-way by Condition) และกำหนดเงื่อนไขด้วย Attribute ชื่อ Type โดยถ้า Type มีค่าเท่า 1 จะเลือกไปสถานี Station Weight และอีกเส้นทางจะไปที่ Decide Variable

1.5 Variable Spreadsheet Module

สร้าง Variable Spreadsheet Module ชื่อ Variable สำหรับกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับรถบรรทุกที่เข้ามา มีค่าเท่ากับ 1 เสมอ

2. ขั้นตอนกระบวนการลานนอก

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 Decide Module

เมื่อรับคิวเสร็จ รถบรรทุกต้องเข้ามารอให้ครบ 40 คันใน 1 ครั้งก่อนถึงจะเริ่มปล่อยไปกระบวนการถัดไปได้ โดยสร้าง Decide Module ชื่อ Decide Variable ใช้สำหรับการตัดสินใจให้กับรถบรรทุกที่เข้ามา 40 คันแรก และรถบรรทุกที่เข้ามาทีหลัง 40 คันแรก โดยทางที่ 1: คือรถบรรทุกที่เข้ามาในระบบก่อน 40 คันแรก และทางที่ 2: คือรถบรรทุกที่เข้ามาทีหลัง 40 คันแรก

2.2 Create Module

สร้างสัญญาณเพื่อมากระตุ้น Signal Module ด้วย Create Module ชื่อ Create Signal เพื่อสร้างวัตถุเข้ามาในระบบโดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่สร้างวัตถุเข้ามาในระบบที่เวลา 20 นาทีเพื่อเป็นสัญญาณปล่อยรถ 10 คันออกจากกระบวนการลานใน โดยจะสร้างวัตถุเพียงหนึ่งวัตถุ (Max Arrivals เท่ากับ 1)

2.3 Signal Module

สร้าง Signal Module ชื่อ Signal ต่อจากโมดูลชื่อ “Create Signal” เพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณโค้ดเท่ากับ 40 ไปยังโมดูล Hold out ในแบบจำลอง ทำให้โมดูล Hold ที่รอสัญญาณเดียวกันนี้จะทำการปล่อยวัตถุ 10 วัตถุออกจากคิว

2.4 Hold Module

สร้าง Hold Module ชื่อ Hold Out ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Variable เพื่อทำหน้าที่รอรถบรรทุกที่เข้ามายังโรงงานให้ครบตามจำนวน 40 คัน เพื่อไปยังกระบวนการถัดไป

2.5 Assign Module

สร้าง Assign Module ชื่อ Assign Variable ต่อจากโมดูลชื่อ Hold 40 เพื่อทำการแยกนับจำนวนรถบรรทุกที่เข้ามา โดยแบ่งออกเป็นการนับรถบรรทุกให้ครบ 40 คัน แทนเป็น Variable ที่เท่ากับ 1 และในการนับจำนวนที่เกิน 40 คันไปแล้ว แทนเป็น Variable เท่ากับ 2

2.6 Delay Module

สร้าง Delay Module ชื่อ Delay Weight ต่อจากโมดูลชื่อ Signal เพื่อทำการชั่งน้ำหนักของรถบรรทุกโดยชั่งให้ครบ 20 นาที หรือแทนรถบรรทุกประมาณ 10 คัน จึงปล่อยรถบรรทุกเข้าสู่กระบวนการถัดไป

2.7 Route Module

สร้าง Route Module ชื่อ Route to Weight ต่อจากโมดูลชื่อ Hold out เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุไปยังสถานีปลายทางชื่อ Station Weight ด้วยเวลาการเดินทางแบบคงที่ 1 นาที

3. ขั้นตอนกระบวนการซังเข้า

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 Station Module

สร้าง Station Module ต่อจากโมดูลชื่อ Route to Weight เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุไปยังสถานีปลายทางที่กำหนด โดยใช้ข้อมูลใน Station Module ชื่อ Station Weight ทำหน้าที่เป็นสถานีปลายทางชื่อ Weight

3.2 Process Module

สร้าง Process Module ต่อจากโมดูลชื่อ Station Weight เพื่อทำหน้าที่เป็นสถานีปลายทางในการเข้าจุดซัง ใส่ข้อมูลใน Process Module ชื่อ Process Weight โมดูลนี้ใช้ทรัพยากรช่วยในการทำกิจกรรม จึงเลือกใช้ปฏิบัติการ Seize Delay Release ด้วยการระบุชื่อทรัพยากร (Resource Type) คือ Resource Weight (Resource Name) เป็นจุดให้บริการในการซังเข้าและใช้เวลาในการให้บริการแบบคงที่ 2 นาที โดยกำหนดลำดับความสำคัญของการเรียกใช้ทรัพยากรให้มีความสำคัญปานกลาง Medium(2)

3.3 Decide Module

เมื่อรถบรรทุกเข้ามาในระบบ จะถูกตัดสินใจว่าเป็นรถบรรทุกประเภทใด โดยสร้าง Decide Module ต่อจากโมดูลชื่อ Process Weight ใส่ข้อมูลใน Decide Module ชื่อ Decide 1 ใช้สำหรับตัดสินใจทางเลือกประเภทให้กับรถบรรทุกโดยใช้เกณฑ์ของคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ถ้าเท่ากับ 1 เป็นรถเล็ก เพื่อไปยังจุด Loading ต่อไป แต่ถ้าไม่เท่ากับ 1 ให้เป็นรถสิบล้อและรถพ่วง

3.4 Route Module

เมื่อถูกตัดสินใจว่าเป็นรถบรรทุกประเภทใดแล้วจะออกจากจากโมดูลชื่อ Decide1 จากนั้นรถเล็กจะถูกส่งมายังสถานี Loading ส่วนรถสิบล้อกับรถพ่วงจะถูกส่งไปยังลานใน สร้าง Route Module ต่อจากโมดูลชื่อ Decide1 เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุที่เข้าสู่โหนดนี้ (จากจุดซังเข้า) ไปยังสถานีปลายทางคือจุดเปลี่ยนถ้ายารถ (Station Loading) ด้วยเวลาเดินทางแบบคงที่ 3 นาที และลานใน (Station in) ด้วยเวลาเดินทางแบบคงที่ 1 นาที

4. ขั้นตอนกระบวนการลานใน

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

4.1 Station Module

ตั้งชื่อ module ที่ช่อง Name ชื่อ Station in พร้อมกับเลือกประเภทของสถานีที่ช่อง Station Type เป็นแบบ station และกำหนดให้รถบรรทุกถูกปล่อยออกจากสถานีจากช่อง station name โดยระบุชื่อสถานีชื่อ Station in

4.2 Seize Module

ทำการจองพื้นที่จอดรถโดย ตั้งชื่อ model ที่ช่อง Name ชื่อ Seize wait dum และกำหนดประเภทการจัดสรรรถเป็นแบบ other(อื่นๆ) ในช่อง allocation และให้ความสำคัญในการจองรถเป็นแบบ Medium(ปานกลาง) ในช่อง Priority และทำการจองพื้นที่สำหรับจอดรถบรรทุกที่ช่อง Add โดยให้ชื่อรถบรรทุกชื่อ Resource wait dum ในช่อง Name และกำหนดการเข้ามาเป็นแบบคงที่(Fixed Capacity) และเนื่องจากรถบรรทุกมีการนับเป็นแบบคั่นเหมือนกัน จึงทำการกำหนดหน่วยของรถเป็นจำนวนเต็มบวกในช่อง Capacity

4.3 Route Module

เมื่อทำการจองพื้นที่ให้รถบรรทุกเข้ามาจอดแล้วต่อไปจะทำการขนย้ายรถบรรทุกไปยังแท่นเท โดยให้ชื่อ Module ว่า Route to Dum และทำการกำหนดช่วงเวลาขนย้ายรถบรรทุก ในช่อง Route Time และ unit เป็นเวลาทุกๆ 1 นาที และให้กำหนดการขนย้ายรถบรรทุกไปยังสถานีของลานเทชื่อ Station Dum ในช่อง Station name

5. ขั้นตอนกระบวนการขนถ่ายอ้อยจากรถเล็กไปรถหัวลาก

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

5.1 Station Module

สร้าง Station Module ต่อจากโมดูลชื่อ Route to Loading เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายรถเล็กที่เข้ามาไปยังสถานีปลายทางที่กำหนด โดยใส่ข้อมูลใน Station Module ชื่อ Station Loading ทำหน้าที่เป็นสถานีปลายทางชื่อ Loading

5.2 Delay Module

สร้าง Delay Module ต่อจากโมดูลชื่อ Station Loading เพื่อทำหน้าที่เป็นสถานีปลายทางในการ Loading ใส่ข้อมูลใน Delay Module ชื่อ Delay โมดูลนี้ทำกิจกรรม โดยใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมด้วยค่าคงที่ 10 โดยเลือกหน่วยเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมเป็นนาที

5.3 Batch Module

เมื่อถูกตัดสินใจว่าเป็นรถเล็กแล้ว รถเล็กจะถูกส่งไปยังรถแทรกเตอร์ โดยจะจัดกลุ่มรถเล็ก 5 คัน สามารถเทรวมบนรถแทรกเตอร์ได้ 1 คัน จึงสร้าง Batch Module ต่อจากโมดูลชื่อ Delay เพื่อจัดกลุ่มรถเล็กที่ละ 5

กันอย่างชั่วคราวไว้ด้วยกัน ใส่ข้อมูลใน Batch Module ชื่อ Batch โมดูลนี้ใช้กฎการรวมตัววัตถุทุกชนิดไว้ด้วยกัน (Any Entity) แบบ UNIF (3,5) ดังนั้นรถเล็กที่ถูก Batch ไว้จะกลายเป็นก้อนวัตถุตัวใหม่แบบชั่วคราว (Temporary) เพื่อใช้ก้อนวัตถุนี้ในการดำเนินกิจกรรมต่อไป

5.4 Separate Module

สร้าง Separate Module ชื่อ Separate From Truck To Dum ต่อจาก Module ชื่อ Delay เพื่อทำหน้าที่แยกวัตถุตั้งเดิมออกเป็นวัตถุใหม่ที่เหมือนเดิมทุกประการอีกหนึ่งตัว โดยวัตถุใหม่มีมูลค่าต้นทุน 0 เปอร์เซนต์ ของมูลค่าต้นทุนที่มีอยู่วัตถุตั้งเดิมและแยกวัตถุออกเป็นสองกลุ่มคือ ทางเลือกที่1 เปรียบเสมือนรถเล็กที่สามารถออกจากโรงงานได้โดยจะสร้าง Separate Module ชื่อ Separate From Truck To Exit เพื่อแยกก้อนวัตถุชั่วคราวที่ถูกรวบรวมไว้ด้วยกันใน Batch Module ออกเป็นวัตถุตัวเดิม ทางเลือกที่2 เปรียบเสมือนอ้อย ที่เข้าไปสู่กระบวนการของแท่นเทโดยสร้าง Assign Module ชื่อ Assign Sugar Cane เพื่อกำหนดชนิดของวัตถุ (Entity Type) ชื่อ Sugar Cane ติดตัววัตถุไป

5.5 Request Module

เมื่อมีการจัดกลุ่มรถเล็กครบแล้ว จึงมีการเรียกจองอุปกรณ์ขนถ่ายโดยสร้าง Request Module ต่อจากโมดูลชื่อ Batch ใส่ข้อมูลใน Request Module ชื่อ Request1 ทำหน้าที่จองรถขนถ่ายชื่อ Transporter tractor กรณีรถขนถ่ายมีมากกว่า 1 คัน วัตถุจะเรียกใช้รถขนถ่ายจากรถคันไหนว่างให้เรียกใช้รถคันนั้นก่อน กรณียังไม่มีรถขนถ่ายว่าง รถเล็กในโมดูลนี้จะรอคอยในแถวคอยชื่อ Request 1.Queue

5.6 Transport Module

เมื่อรถเล็กเรียกจองรถขนถ่ายที่กำหนด และเมื่อรถว่าง รถขนถ่ายจะถูกจองเพื่อทำการขนย้ายอ้อยด้วย Transport Module จึงสร้าง Transport Module ต่อจากโมดูลชื่อ Request1 ใส่ข้อมูลใน Transport Module ชื่อ Transport 1 ทำหน้าที่ขนย้ายอ้อยที่เข้าสู่โมดูลนี้ด้วยรถขนถ่ายชื่อ Transporter tractor ไปยังสถานีปลายทางชื่อ Station in ด้วยเวลาในการขนย้ายขึ้นกับความเร็วที่ระบุใน Transporter Spreadsheet Module ชื่อ Transporter tractor

6. ขั้นตอนกระบวนการแท่นเท

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

6.1 Station Module

สร้าง Station Module ชื่อ Station Dum ต่อจากโมดูลชื่อ Route to Dum เพื่อทำหน้าที่เป็นจุดแท่นเท โดยจะเป็นจุดสำหรับเทอ้อยและสร้าง Station Module ชื่อ Station dum3 ต่อจากโมดูลชื่อ Transport Tractor เพื่อทำหน้าที่เป็นสถานีปลายทาง

6.2 Decide Module

6.2.1 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Dum ต่อจากโมดูลชื่อ Station Module เพื่อทำหน้าที่ตัดสินใจทางเลือกให้กับวัตถุโดยเงื่อนไขเงื่อนไขในการตัดสินใจ(By Condition) ทางเลือกที่ 1 จะเลือกเมื่อ Work in process ของแท่นเท 1 และ 3 น้อยกว่าเท่ากับ Work in process ของแท่นเท 2 และ 4

6.2.2 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Tractor ต่อจากโมดูลชื่อ Seize dum13 เพื่อแยกระหว่างรถแทรกเตอร์ กับรถบรรทุกคันอื่น

6.2.3 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Queue ต่อจากโมดูลชื่อ Seize dum24 เพื่อกำหนดคิวให้รถบรรทุกที่เข้ามา

6.2.4 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide To Free Tractor ต่อจากโมดูลชื่อ dum13 และ dum3 เพื่อแยกระหว่างรถแทรกเตอร์ กับรถบรรทุกคันอื่น

6.2.5 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide To Signal1 Dum24 ต่อจากโมดูลชื่อ Release dum13 เพื่อตรวจสอบคิวของ dum13

6.2.6 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Seize wait dum24 และ Decide Seize wait dum13 เพื่อตรวจสอบคิวของโมดูล Seize wait dum

6.2.7 สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Type Truck and Tractor เพื่อแยกประเภทรถบรรทุก

6.3 Seize Module

สร้าง Seize Module ชื่อ Seize dum13 ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Module เพื่อทำหน้าที่ในการจองแท่นเทให้กับรถบรรทุกแต่ละประเภท โดยจะเข้าเทที่แท่นเทที่ 1 กับ 3 ก่อนเสมอ และสร้าง Seize dum24 เพื่อทำหน้าที่ในการจองแท่นเทให้กับรถบรรทุกแต่ละประเภท โดยจะเข้าเทที่แท่นเทที่ 2 กับ 4

6.4 Release Module

6.4.1 สร้าง Release Module ชื่อ Release dum13 และ Release dum24 เพื่อทำหน้าที่ปล่อยรถบรรทุกออกจากพื้นที่หน้าแท่นเท เพื่อให้สามารถให้เข้ามาเทอ้อยต่อได้

6.4.2 สร้าง Release Module ชื่อ Release dum13 ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Seize wait dum13 และ Release dum24 ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Seize wait dum24 เพื่อทำหน้าที่ในการปล่อยรถบรรทุกออกจากลานใน เมื่อเทอ้อยเสร็จ

6.5 Process Module

6.5.1 สร้าง Process Module ชื่อ dum13 ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Tractor เพื่อทำหน้าที่เป็นกระบวนการการทำงานของแท่นเทอ้อยของแท่นเทที่ 1 และ 3 โดยมีกระบวนการทำงานเป็นแบบ Set ประเภท

Cyclical และ สร้าง Process Module ชื่อ dum3 เพื่อทำหน้าที่เป็นกระบวนการการทำงานของแท่นเท้ายของแท่นเทที่ 3 เท่านั้น

6.5.2 สร้าง Process Module ชื่อ dum24 ต่อจากโมดูลชื่อ Hold Dum13 เพื่อทำหน้าที่เป็นกระบวนการการทำงานของแท่นเท้ายของแท่นเทที่ 2 และ 4 โดยมีกระบวนการทำงานเป็นแบบ Set ประเภท Cyclical

6.6 Free Module

สร้าง Free Module ชื่อ Free Tractor ทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยรถแทรกเตอร์กลับไปยังสถานี Station Loading เพื่อกลับขึ้นไปบรรทุกอ้อยอีกครั้ง

6.7 Signal Module

สร้าง Signal Module ชื่อ Signal1 Dum24 และ Signal2 Dum24 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณในการปล่อยรถบรรทุกไปยังแท่นเท โดยใช้ชื่อสัญญาณชื่อ Free

6.8 Separate Module

6.8.1 สร้าง Separate Module ชื่อ Separate Two Truck ต่อจากโมดูลชื่อ Batch Two Truck เพื่อแยกก่อนวัตถุดิบชั่วคราวที่ถูกรวบรวมไว้ด้วยกันใน Batch Module ชื่อ Batch Two Truck

6.8.2 สร้าง Separate Module ชื่อ Separate Fram Truck ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Type Truck and Tractor เพื่อแยกก่อนวัตถุดิบชั่วคราวที่ถูกรวบรวมไว้ด้วยกันใน Batch Module ชื่อ Batch Fram Truck

6.8.3 สร้าง Batch Module ชื่อ Batch Two Truck ต่อจากโมดูลชื่อ Decide To Signal1 Dum24 เพื่อ รวบรวมวัตถุดิบชั่วคราวจำนวน 2 วัตถุ

6.9 Hold Module

สร้าง Hold Module ชื่อ Hold Dum13 ต่อจากโมดูลชื่อ Signal2 Dum24 เป็นแบบรอคอยสัญญาณ (Wait for signal) ชื่อ Free

6.10 Route Module

สร้าง Route Module ชื่อ Route to Queue เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุที่เข้าสู่โมดูลไปยังสถานีปลายทางชื่อ Station Queue โดยเวลาในการเดินทางแบบคงที่ 1 นาที

7. ขั้นตอนกระบวนการเรียกคิว

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

7.1 Station Module

เมื่อรถทำการเท้อยเสร็จแล้วจะถูกส่งมายังจุดรับคิวชื่อ module ที่ชื่อ Name ชื่อ Station Queue พร้อมกับเลือกประเภทของสถานีที่ชื่อ Station Type เป็นแบบ station และกำหนดให้รถบรรทุกถูกปล่อยออกจากสถานีจากช่อง station name โดยระบุชื่อสถานีชื่อ Station Queue

7.2 Process Module

เมื่อรถบรรทุกมาถึงกระบวนการรับคิวซึ่งผ่านห้องเรียกคิวในการทำกิจกรรมจึงเลือกการปฏิบัติการแบบ Seize Delay Release ในช่อง Action และให้ความสำคัญเป็นแบบ Medium(ปานกลาง) ในช่อง Priority และเลือกเวลาในการทำกิจกรรมเป็นแบบ Constant(ค่าคงที่) ในช่อง Delay type เนื่องจากการให้บริการของห้องเรียกคิวจะให้บริการรถได้ครั้งละคันดังนั้นจึงมีการ Add โดยให้ชื่อห้องเรียกคิว Process Queue ในช่อง Name และกำหนดการเข้ามาเป็นแบบคงที่(Fixed Capacity) และเนื่องจากรถบรรทุกมีการนับเป็นแบบคันเหมือนกัน จึงทำการกำหนดหน่วยของรถเป็นจำนวนเต็มบวกในช่อง Capacity

7.3 Route Module

เมื่อทำการจองคิวให้รถบรรทุกต่อไปจะทำการขนย้ายรถบรรทุกไปยังจุดซึ่งออก โดยให้ชื่อ Module ว่า Route to weight out และทำการกำหนดช่วงเวลาเข้ามาารถบรรทุก ในช่อง Route Time และ unit เป็นเวลาทุกๆ 2 นาที และให้กำหนดการขนย้ายรถบรรทุกไปยังสถานีของจุดซึ่งออกชื่อ Station weight out ในช่อง Station name

8. ขั้นตอนกระบวนการซึ่งออก

มี Module ที่เกี่ยวข้องดังนี้

8.1 Station Module

เมื่อรถได้รับคิวขาออกแล้วจะถูกส่งมายังจุดซึ่งออกตั้งชื่อ module ที่ชื่อ Name ชื่อ Station weight out พร้อมกับเลือกประเภทของสถานีที่ชื่อ Station Type เป็นแบบ station และกำหนดให้รถบรรทุกถูกปล่อยออกจากสถานีจากช่อง Station weight out โดยระบุชื่อสถานีชื่อ Station Queue

8.2 Process Module

เมื่อรถบรรทุกมาถึงกระบวนการซึ่งออกซึ่งผ่านห้องซึ่งน้ำหนักในการทำกิจกรรมจึงเลือกการปฏิบัติการแบบ Seize Delay Release ในช่อง Action และให้ความสำคัญเป็นแบบ Medium(ปานกลาง) ในช่อง Priority และเลือกเวลาในการทำกิจกรรมเป็นแบบ Constant(ค่าคงที่) ในช่อง Delay type เนื่องจากการให้บริการของห้องซึ่งน้ำหนักจะให้บริการรถได้ครั้งละคันดังนั้นจึงมีการ Add โดยให้ชื่อห้องซึ่งน้ำหนัก Resource weight out ในช่อง Name และกำหนดการเข้ามาเป็นแบบคงที่(Fixed Capacity) และเนื่องจากรถบรรทุกมีการนับเป็นแบบคันเหมือนกัน จึงทำการกำหนดหน่วยของรถเป็นจำนวนเต็มบวกในช่อง Capacity

8.3 Decide Module

สร้าง Decide Module ชื่อ Decide Sugar Cane ต่อจากโมดูลชื่อ Process weight out เพื่อแยกชนิดของวัตถุ(Entity Type)

8.4 Dispose Module

8.4.1 สร้าง Dispose Module ชื่อ Dispose All Truck ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Sugar Cane เพื่อจบการทำงานของรถบรรทุก

8.4.2 สร้าง Dispose Module ชื่อ Dispose Sugar Cane ต่อจากโมดูลชื่อ Decide Sugar Cane เพื่อจบการทำงานของอ้อย