

บทที่ 8

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งรับวัตถุดิบ คือ อ้อย เข้าสู่กระบวนการผลิตตามฤดูกาลหีบอ้อย อ้อยที่โรงงานรับเข้ามานั้น มีทั้งที่รับจากเกษตรกรชาวไร่อ้อยและอ้อยจากแปลงเพาะปลูกของโรงงานเอง โดยที่อ้อยจากแต่ละแปลงเพาะปลูก มีค่าความหวานของอ้อยแตกต่างกันตามระยะเวลาการเพาะปลูกและการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ความต้องการด้านกำลังการผลิตของโรงงานยังมีจำนวนจำกัด รวมถึงความสามารถในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานด้วยรถบรรทุกอ้อยก็ยังเป็นอุปสรรคในการขนส่งอ้อยที่มีค่าความหวานสูงทั้งหมด ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการหีบอ้อยมีจำนวนหลายวัน และเพื่อให้ได้อ้อยที่มีค่าความหวานสูง การเก็บเกี่ยวอ้อยจะต้องสอดคล้องกับการขนส่งอ้อยในแต่ละวันด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อทำการเก็บเกี่ยวอ้อยแล้ว อ้อยจะมีค่าความหวานลดลงไปตามระยะเวลาในการรอคอยการเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ดังนั้น เพื่อให้ระบบโลจิสติกส์เข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมีประสิทธิภาพสูงสุด ความเชื่อมโยงของระบบเริ่มตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการเก็บเกี่ยวอ้อยนี้ สามารถเชื่อมโยงระบบโลจิสติกส์เข้าไว้ด้วยกัน กล่าวคือ การคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย เป็นการตัดสินใจการเก็บเกี่ยวอ้อยภายใต้เงื่อนไขของค่าความหวานของอ้อยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตและปริมาณอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูก ปริมาณการขนส่งอ้อยซึ่งสอดคล้องกับปริมาณบรรทุกและจำนวนรถบรรทุกอ้อยที่สามารถขนส่งได้ และปริมาณความต้องการกำลังการผลิตของโรงงาน โดยมีเป้าหมาย คือ ผลผลิตน้ำตาลรวมมีค่าสูงที่สุด และผลลัพธ์ที่ได้ คือ ลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยของแต่ละแปลงเพาะปลูก ปริมาณอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

(1) การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่สามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะปัญหาที่มีขนาดเล็กและมีความซับซ้อนของปัญหาไม่มากนัก ซึ่งการทดสอบตัวอย่างของปัญหาที่หาคำตอบด้วยวิธีนี้ พบว่า ระยะเวลาในการหาคำตอบมีค่ามาก รวมถึงในบางกรณีทำการทดลอง รูปแบบทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถหาคำตอบได้ เนื่องจากปัญหามีขนาดใหญ่และความซับซ้อนมากเกินไป ดังนั้น ข้อเสนอแนะในการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ ควรมีจำนวนพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆ ที่ทำให้เกิดความซับซ้อนของปัญหาไม่เกินกว่าตัวอย่างที่แสดงไว้ในบทที่ 4

(2) การพัฒนาฮิวริสติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการที่ให้ค่าคำตอบใกล้เคียงกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด แต่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนของปัญหามากๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายที่มีจำนวนพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆ เป็นจำนวนมาก ฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนการหาค่าคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาค่าตอบที่ดีขึ้นจากคำตอบเดิมด้วยวิธีทาบูลีร์ช (Tabu search) นอกจากนี้หลักการของค่าขอบเขตบน (Upper bound) ได้นำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการหาคำตอบของฮิวริสติกอัลกอริทึม

ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธีทาบูลีร์ชกับวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึมคำตอบเริ่มต้น พบว่า ค่าผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากวิธีทาบูลีร์ชมีความแตกต่างกับวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึม โดยมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.015 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.051 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าการปรับปรุงคำตอบน้อยมาก อันเนื่องมาจากความเป็นไปได้ 2 ประการ คือ ประการแรก ฮิวริสติกอัลกอริทึมคำตอบเริ่มต้นมีประสิทธิภาพสูง ทำให้การปรับปรุงคำตอบสามารถกระทำได้เพียงเล็กน้อยก็สามารถได้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด หรือ ประการที่สอง การกำหนดเงื่อนไข วิธีการและพารามิเตอร์ต่างๆ ของวิธีทาบูลีร์ชยังไม่เหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพของการค้นหาคำตอบด้วยวิธีทาบูลีร์ชไม่ดีเท่าที่ควร จึงไม่สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นได้ ซึ่งในวิธีการแทรกข้อมูลวันเก็บเกี่ยวอ้อยที่ได้นำเสนอ นั้น มีข้อจำกัดด้านปริมาณอ้อยเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้ไม่สามารถแทรกข้อมูลที่ขัดแย้งกับปริมาณการเก็บเกี่ยวอ้อยของคำตอบเริ่มต้นและปริมาณความต้องการของกำลังการผลิตของโรงงาน รวมถึงความสามารถในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานจากปริมาณบรรทุกอ้อยและจำนวนรถบรรทุกที่มีอยู่ ซึ่งเงื่อนไขด้านปริมาณอ้อยเป็นเงื่อนไขสำคัญอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละวัน อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวอ้อยและจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยมีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลผลิตน้ำตาลรวมระหว่างการหาคำตอบด้วยวิธีทาบูลีร์ชและวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึม คำตอบเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยที่จำนวนวันเก็บเกี่ยวอ้อยและจำนวนแปลงเพาะปลูกที่มีขนาดเล็ก วิธีทาบูลีร์ชสามารถให้ผลการปรับปรุงคำตอบที่ดีกว่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวอ้อยและจำนวนแปลงเพาะปลูกที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งแนวทางที่จะสามารถช่วยให้การค้นหาคำตอบที่ดีขึ้นด้วยวิธีทาบูลีร์ชมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ คือ การทดลองปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของวิธีทาบูลีร์ช เช่น ทาบูลิสต์ไซซ์ เนเบอะฮูตไซซ์ เป็นต้น

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกอัลกอริทึมการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ได้ใช้หลักการของค่าขอบเขตบน ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมกับค่าขอบเขตบน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.271

เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำสุดเป็น 5.132 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสูงสุดเป็น 13.481 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นจำนวนที่ค่อนข้างน้อย ถือได้ว่าฮิวริสติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่มีขนาดใหญ่ และมีความซับซ้อนมากขึ้น และในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงให้เห็นว่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวอ้อยมีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมและค่าขอบเขตบนอย่างมีนัยสำคัญในช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างนี้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนวันเก็บเกี่ยวมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น ฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นถือได้ว่ามีประสิทธิภาพดีมาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เนื่องจากจำนวนวันเก็บเกี่ยวที่พิจารณามีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจริงในปัจจุบัน

การนำองค์ความรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ สามารถกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การประยุกต์ใช้กับระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายจริงที่มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลป้อนเข้าและพารามิเตอร์ให้มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถช่วยให้โรงงานได้ผลผลิตน้ำตาลสูงขึ้น การจัดลำดับการเก็บเกี่ยวให้กับเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่ไม่สามารถทำการตัดสินใจเรื่องการเก็บเกี่ยวอ้อยให้ได้คุณภาพสูงและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรจากการจำหน่ายอ้อยที่มีค่าความหวานสูงให้กับโรงงาน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจการเก็บเกี่ยวสินค้าด้านการเกษตรชนิดอื่น ๆ ที่มีข้อจำกัดด้านคุณภาพสินค้า และปริมาณที่สอดคล้องกับความต้องการ รวมถึงเป็นตัวอย่างของการวิจัยดำเนินงานสำหรับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้อีกด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาปัญหาการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาและประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบที่ดีขึ้นด้วยวิธีอื่น ๆ นอกเหนือจากวิธีทาบูลีรีช ซึ่งจะช่วยให้ฮิวริสติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2.2 การศึกษาและประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบที่ดีขึ้นด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกแบบผสมหลายวิธี (Hybrid Meta heuristic) ซึ่งจะสามารถช่วยแก้ปัญหาข้อจำกัดในด้านปริมาณอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวโดยเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ทำให้วิธีทาบูลีรีชไม่สามารถค้นหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

2.3 การศึกษาการจัดสรรทรัพยากรทุกในแต่ละแปลงเพาะปลูกให้สามารถขนส่งอ้อยในแปลงเพาะปลูกอื่น ๆ ได้ จะสามารถช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นของการขนส่งอ้อย ซึ่งเป็นการลดข้อจำกัดของการเก็บเกี่ยวอ้อย อาจทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น

2.4 การพัฒนารูปแบบปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีข้อจำกัดตามความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้ลำดับการเก็บเกี่ยวมีความถูกต้องตามเงื่อนไข เช่น ความเสมอภาคของเกษตรกร

แต่ละราย ความไม่เป็นอิสระต่อกันของการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูก และจำนวนรถบรรทุกที่มีจำนวนจำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเก็บเกี่ยวอ้อยและขนส่ง เป็นต้น