



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในโลจิสติกส์ขาเข้าของ
อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์
นักศึกษาผู้วิจัย นายนพธาดา ไชยบั้ง

พฤษภาคม 2554

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในโลจิสติกส์ขาเข้าของ
อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย

ผู้วิจัย

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์
นักศึกษาผู้วิจัย นายนพธาดา ไชยบัง

สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานเป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

นพธาดา ไชยบั๋ง. 2554. *การจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในโลจิสติกส์นำเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย*.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เศรษฐนันท์

บทคัดย่อ

การจัดสรรแรงงานเพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยแปลงต่างๆในพื้นที่เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนในการจัดกลุ่มแรงงานของโควตาต่างๆเพื่อการเก็บเกี่ยวให้มีสอดคล้องกับปริมาณความต้องการโรงงานที่ต้องการอ้อยและกำลังการเก็บเกี่ยวของกลุ่มแรงงานโควตาต่างๆต้องมีความสอดคล้องกับปริมาณอ้อยด้วย ซึ่งหากกำลังการเก็บเกี่ยวของแรงงานมีความไม่สอดคล้องกับปริมาณอ้อยก็จะทำให้ค่าตอบแทนของแรงงานไม่คุ้มค่า ด้วยเหตุนี้จึงเป็นประเด็นสำคัญทำการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตา เพื่อให้การวางแผนการจัดสรรแรงงานมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการอ้อย โดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดต้นทุนการขนส่งโดยให้ระยะทางของการขนส่งแรงงานโควตาจากการวางแผนจัดสรรแรงงานที่ต่ำที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมในการหาผลเฉลยเริ่มต้นและเมตะวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมซึ่งในการศึกษาได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาการปรับปรุงของ 2 ส่วน คือ ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานกับสถานการณ์จริงและเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมโดยประยุกต์หลักการหาบู่เสิร์ชกับฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานและร้อยละความแตกต่างของทั้ง 2 ส่วนที่เปรียบเทียบ โดยพิจารณา 2 ปัจจัยหลัก คือปัจจัยจำนวนกลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยวและปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ ทำการทดลอง 10 ครั้งจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติด้วยการทดลองเชิงแฟคทอเรียล โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17.0

การปรับปรุงของของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาต่างๆกับสถานการณ์จริงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 55.69 และร้อยละความแตกต่างของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับเมตะวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.01 โดยปัจจัยที่ผลกระทบต่อผลตอบสนองคือ ปัจจัยจำนวนกลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยวและปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยและเมื่อพิจารณารวมทั้ง 2 ปัจจัยข้างต้นจะได้ว่าไม่มีผลกระทบต่อร้อยละความแตกต่างของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่านัยสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งได้ให้คำแนะนำโอกาสปลูกฝังให้ผู้วิจัยรักการทำงานและสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากขาดกองทุนที่ได้ให้ทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ ML SC535010 เพื่อเป็นทุนในค่าใช้จ่ายต่างๆของการทำงานวิจัย ขอขอบคุณนางสาวรณญา เนื่องมัจฉา ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขรูปแบบงานวิจัยนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่น้องชาวมหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้งบุคคลอื่นที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา

นพธาดา ไชยบั๋ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1-4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1-4
1.4 ระเบียบวิธีวิจัยโดยย่อ	1-4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-5

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 รูปแบบการเก็บเกี่ยวอ้อยในปัจจุบัน	2-1
2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล	2-2
2.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์	2-3
2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบพิจารณากำลังการผลิต	2-4

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	3-2
3.2 ตารางการดำเนินการวิจัย	3-3

บทที่ 4 การพัฒนารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1 สมมติฐานของปัญหา	4-1
4.2 การสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหา	4-3

บทที่ 5 การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

5.1 การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยว โดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่	5-1
--	-----

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2 การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงาน ของโควตาเก็บเกี่ยว(Initial Solution Heuristic Algorithm)	5-11
5.3 การปรับปรุงค่าคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีทาบูลีเซิร์ช(Tabu Search)	5-19
บทที่ 6 ผลการทดลอง	
6.1 การทดสอบความแตกต่างของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม และเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับสถานการณ์จริงในการเก็บเกี่ยวอ้อย	6-1
6.2 การออกแบบการทดลองของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม	6-3
6.3 การเปรียบเทียบการปรับปรุงของสถานการณ์จริงและเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับ ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตา	6-5
บทที่ 7 ผลการทดลอง	
7.1 สรุปผลการศึกษา (Research Summary)	7-1
7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต (Recommendation)	7-3
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 Gantt Chart สำหรับกิจกรรมการดำเนินการวิจัย	3-3
ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายที่ใช้การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์	4-2
ตารางที่ 4.2 แสดงที่ตั้งกลุ่มแรงงาน	4-4
ตารางที่ 4.3 แสดงที่ตั้งแปลงอ้อยและปริมาณอ้อยที่ต้องตัด	4-4
ตารางที่ 4.4 แสดงคำตอบของตัวแปรตัดสินใจ X_{ij}	4-5
ตารางที่ 4.5 แสดงคำตอบของตัวแปรตัดสินใจ S_{ij}	4-5
ตารางที่ 5.1 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม	5-2
ตารางที่ 5.2 แสดงค่า CCS ของอ้อยในแต่ละวันของแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CCS_{p,i}$)	5-5
ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณอ้อยที่ต้องการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลง	5-6
ตารางที่ 5.4 แสดงค่า W_{ij}	5-6
ตารางที่ 5.5 จะแสดงค่า W_{ij} ที่ได้จากโจทย์	5-7
ตารางที่ 5.6 แสดงค่า A_i	5-8
ตารางที่ 5.7 แสดงค่า CCS ของอ้อยในแต่ละวัน	5-9
ตารางที่ 5.8 แสดงผลที่ได้จาก Algorithm	5-10
ตารางที่ 5.9 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม	5-11
ตารางที่ 5.10 แสดงข้อมูล พิกัดกลุ่มแรงงาน	5-17
ตารางที่ 5.11 ข้อมูล พิกัดแปลงอ้อย	5-17
ตารางที่ 5.12 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาเมตาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม	5-24
ตารางที่ 5.13 ข้อมูล พิกัดกลุ่มแรงงาน	5-26
ตารางที่ 5.14 ข้อมูล พิกัดแปลงอ้อย	5-26
ตารางที่ 6.1 ร้อยละความแตกต่างของระยะทางรวมสถานการณ์จริงในการเก็บเกี่ยวอ้อยกับ รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม และเมตาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม	6-2
ตารางที่ 6.2 แสดงการออกแบบการทดลอง 4 กรณี	6-5
ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองจากการหาคำตอบการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม ที่พัฒนาขึ้นมากับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง	6-6
ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองจากการหาคำตอบการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม ที่พัฒนาขึ้นมากับเมตาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม	6-8

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวของกลุ่มแรงงาน	1-2
รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างการจัดกลุ่มแรงงานในการตัดแปลงอ้อยในพื้นที่ต่างๆ	1-3
รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการจัดกลุ่มแรงงานในการตัดแปลงอ้อยในพื้นที่ต่างๆ	3-1
รูปที่ 4.1 คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เอ็มพีแอล	4-3
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างสภาพพื้นที่เพาะปลูกอ้อย	5-4
รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างสภาพพื้นที่แปลงอ้อย	5-6
รูปที่ 5.3 ตัวอย่างสภาพพื้นที่เพาะปลูกอ้อย	5-7
รูปที่ 5.4 แผนผังขั้นตอนอัลกอริทึมการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาเก็บเกี่ยวอ้อย	5-13
รูปที่ 5.5 จากพิกัดที่ได้แสดงในตารางข้างต้นจะสามารถแสดงตำแหน่งที่ตั้ง	5-18
รูปที่ 5.6 แสดงผลการจัดสรรกลุ่มแรงงานที่ได้จากฮิวริสติกส์	5-18
รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตา	5-19
รูปที่ 5.8 การสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณา มีปริมาณที่มากกว่าปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น	5-21
รูปที่ 5.9 การสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณา มีปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น	5-22
รูปที่ 5.10 การสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณา มีปริมาณที่เท่ากับปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น	5-23
รูปที่ 5.11 แผนผังขั้นตอนการทำงานของวิธีทาบูนีส์	5-25
รูปที่ 5.12 จากพิกัดที่ได้แสดงในตารางข้างต้นจะสามารถแสดงตำแหน่งที่ตั้ง	5-27
รูปที่ 5.13 แสดงผลการจัดสรรกลุ่มแรงงานที่ได้จากฮิวริสติกส์	5-27
รูปที่ 5.14 แสดงการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อย โดยประยุกต์วิธีทาบูนีส์	5-28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

สินค้าเกษตรประเภทพืชไร่ พืชสวนนับเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค หรือนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน สร้างงานให้แก่ประชาชนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งนารายได้เข้าสู่ประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมากซึ่งในปี พ.ศ.2552 สินค้าเกษตรของไทยมีมูลค่าการส่งออก 5 ล้านล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552 ข) ซึ่งรายได้จากการส่งออกสินค้าเกษตรที่มีมูลค่ามากนี้จะชี้ให้เห็นว่าสินค้าการเกษตรจะเป็นสินค้าที่นารายได้เข้าสู่ประเทศที่สำคัญซึ่งจะสามารถนารายได้ส่วนนี้กลับไปพัฒนาประเทศในด้านต่างๆ จึงทำให้อุตสาหกรรมเกษตรถือว่ามีส่วนสำคัญต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกอุตสาหกรรมหนึ่งซึ่งจะมีอุตสาหกรรมเกษตรหลักๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ยางพารา ข้าว เป็นต้น

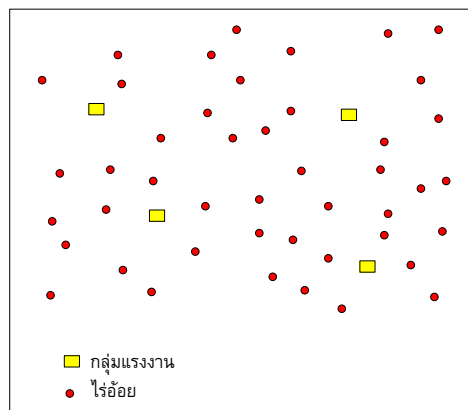
อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย ก่อให้เกิดรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ที่เกี่ยวข้องในประเทศอย่างมากและจากข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาปีพุทธศักราช 2551 ประเทศไทยได้มีการส่งออกของน้ำตาลและผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับน้ำตาลไปยังต่างประเทศมีมูลค่าการส่งออกสูงถึงมูลค่า 54,748 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551 ค) ซึ่งในปี 2551/2552 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยของไทยมีพื้นที่ปลูก 6.5 ล้านไร่ มีผลผลิต 11.82 ล้านตันต่อไร่โดยที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดในประเทศ ประมาณ 2.8 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด ขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยที่ผลิตได้ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเพียง 10.29 ล้านตันต่อไร่ โดยฤดูเก็บ 2552/2553 โรงงานในประเทศไทยสามารถผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายดิบรวมทั้งหมดประมาณ 6.9 ล้านตัน (คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2552/2553)

เมื่อพิจารณาระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายพบว่า ในส่วนของโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) มีกระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเพาะปลูกอ้อย การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวอ้อย การขนส่งอ้อยจากไร่มายังโรงงาน และการบริหารจัดการหน้าลานของโรงงาน ซึ่งกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ ถือเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่คุณค่า (Value Chain) ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย (Higgins et al., 2004) ที่มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิตโดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดต้นทุนบริหารจัดการโดยรวมต่ำที่สุด ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดคือการบริหารจัดการแบบบูรณาการทั้งระบบ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสนับสนุนหลายประการ เช่น สภาพเศรษฐกิจ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ราคาขายของน้ำตาล และที่สำคัญการบริหารจัดการทรัพยากรสนับสนุนที่มีอย่างจำกัด ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเฉพาะทรัพยากร มนุษย์ ที่ยากต่อการบริหารจัดการ ในปัจจุบันพบว่าแรงงานตัดอ้อยมีจำนวนลดน้อยลงทุกปี สืบเนื่องมาจากการที่ประเทศไทยมีการเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจจากภาคเกษตรไปสู่ภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้แรงงานเกษตรนิยมอพยพเข้ามาทำงานในเขตเมืองหลวงมากขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) นอกจากนี้ค่าจ้างแรงงานตัดอ้อยที่สูงขึ้น เนื่องจากมีจำนวนแรงงานตัดอ้อยน้อยกว่าความต้องการ ทำให้ต้นทุนของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลสูงขึ้น ความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกลดลง ส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจการส่งออกโดยรวมของประเทศตามมา

กระบวนการเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกรที่จะส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานนั้น ชาวไร่มีการวางแผนการเก็บเกี่ยวเพื่อส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลที่สำคัญ คือ จัดเตรียมแรงงาน จ่ายมัดจำแรงงาน จัดเตรียมรถและเครื่องมือการเก็บเกี่ยว ซึ่งลักษณะการเก็บเกี่ยวอ้อยจะแบ่งได้ดังนี้ 1) การตัดอ้อยและการขนอ้อยขึ้นรถด้วยแรงงานคนทั้งหมด 2) การตัดอ้อยด้วยแรงงานคนและขึ้นอ้อยด้วยรถคืบ และ 3) การตัดอ้อยด้วยรถตัด ซึ่งส่วนใหญ่การเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นรูปแบบใช้แรงงานคนเกือบทั้งหมด โดยหัวหน้าโควตาจะทำหน้าที่หาแรงงานและทำการจัดสรรแรงงานเพื่อที่จะทำการเก็บ

เกี่ยวอ้อยของลูกไร่แต่ละคนให้ได้ปริมาณอ้อยที่เพียงพอที่จะส่งให้แก่โรงงานตามสัญญาต้นที่ได้ทำไว้กับโรงงาน โดยแรงงานที่ใช้จะเป็นลูกไร่ที่สังกัดอยู่กับหัวหน้าโควตาที่อาจจะเป็นทั้งแรงงานท้องถิ่นและแรงงานจากแหล่งอื่น แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีจำนวนแรงงานลดลงส่งผลให้เกิดการขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย ทำให้ชาวไร่อ้อยมีค่าใช้จ่ายด้านแรงงานเพิ่มขึ้นทั้งด้านการจ่ายค่ามัดจำแรงงานล่วงหน้า ค่าขนส่งแรงงาน ค่าที่พักและสวัสดิการต่างๆ และยังเกิดปัญหาแรงงานผิดสัญญาไม่มาตัดอ้อยตามที่ตกลงกันไว้ ทำให้ชาวไร่ต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการนำแรงงานต่างด้าวเข้ามาทดแทน แต่เมื่อทำการจดทะเบียนเป็นแรงงานที่ถูกกฎหมายก็กลับพบปัญหาแรงงานไปทำงานที่อื่น ปัญหาดังกล่าวนี้นำมาสู่ผลต่อความสอดคล้องของปริมาณอ้อยที่จะส่งเข้าสู่โรงงานกับกำลังการผลิตของโรงงานในแต่ละวัน เนื่องจากหากการเก็บเกี่ยวอ้อยในปริมาณที่มากเกินไปจะเกิดอ้อยที่เหลือค้างไว้ ซึ่งเมื่อระยะเวลาออกยาวนาน จะทำให้ค่าความหวานของอ้อย (CCS) มีค่าลดลง (Semenzato, 2002) ซึ่งค่า CCS (Commercial Cane Sugar) นั้นหมายถึง ระบบการคิดคุณภาพของอ้อย ซึ่งแสดงถึงปริมาณของน้ำตาลที่มีอยู่ในอ้อย ซึ่งสามารถหีบสกัดออกมาได้เป็นน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

หากมีการเก็บเกี่ยวอ้อยได้ในปริมาณที่น้อยเกินไปเนื่องมาจากแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีจำนวนไม่เพียงพอ จะส่งผลให้ปริมาณอ้อยที่จะเข้าหีบน้อยกว่ากำลังหีบต่อวันของโรงงาน อีกทั้งเป้าหมายหลักของโลจิสติกส์นำเข้าคือ ผลผลิตรวมของระบบมากที่สุด โดยมีผู้ทำการศึกษาระบบการตัดสินใจเพื่อทำการคัดเลือกแปลงอ้อยและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยให้มีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและให้ได้อ้อยที่มีคุณภาพมากที่สุด (พรรณวิภา เตชะสุข, 2551) ซึ่งหมายถึงจะต้องทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงของวันที่อ้อยให้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงที่สุด แต่ในความเป็นจริง เนื่องจากข้อจำกัดในด้านต่างๆ อย่างเช่น กำลังการผลิตของโรงงาน ปริมาณการขนส่งและจำนวนรถบรรทุกที่หาได้ในแต่ละรอบ รวมทั้งปริมาณแรงงานเก็บเกี่ยวที่มีอยู่อย่างจำกัดและปัจจัยด้านสภาพอากาศและสังคมทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวในลักษณะอย่างนั้นได้ อาจส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของระบบและไม่สามารถสนองตอบต่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้ นอกจากนี้ในการศึกษาขั้นต้นพบว่า แรงงานตัดอ้อยจะกระจายตัวเป็นกลุ่มย่อยในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่เพาะปลูกอ้อย (ดูรูปที่ 1.1)

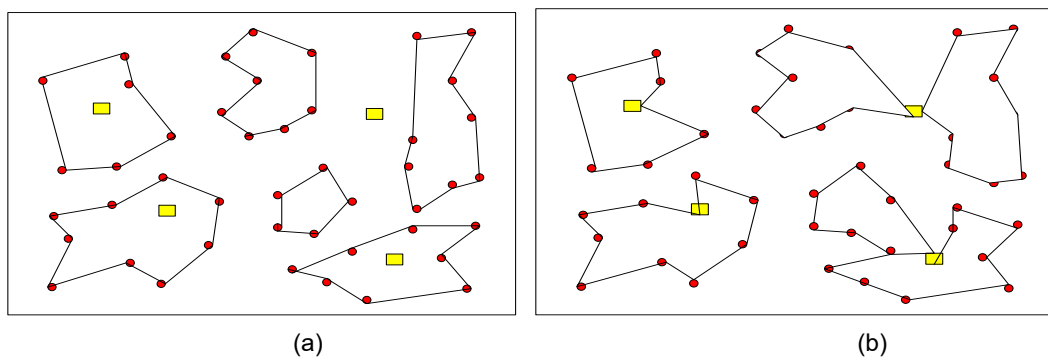


รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวของกลุ่มแรงงาน

ในปัจจุบันปัญหาที่พบเสมอคือ เนื่องจากในกรณีศึกษาเป็นลักษณะการเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงรวมของโรงงาน (Plantation) โดยมีปริมาณอ้อยที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละช่วงเวลาจำนวนมาก ประกอบกับมีกลุ่มแรงงานที่กระจายกระจายตัวตามหมู่บ้านรอบบริเวณแปลงเพาะปลูกอ้อยที่จำนวนแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำการตัดสินใจว่าต้องทำการจัดสรรแรงงานกลุ่มใดเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยในบริเวณใด ทั้งนี้เนื่องจากหากมี

การจัดสรรที่ไม่มีประสิทธิภาพอาจทำให้เกิดการแบกรับต้นทุนที่สูงเกินความจำเป็น เช่น ต้นทุนการขนส่งแรงงาน รวมทั้งผลตอบแทนค่าจ้างตัดที่แรงงานตัดอ้อยแต่ละคนจะได้รับนั้นน้อยกว่าที่ควร

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย (Labor Scheduling Management) โดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดต้นทุนด้านการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุดและสามารถจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยให้เพียงพอต่อปริมาณอ้อยที่จะต้องทำการเก็บเกี่ยวและสอดคล้องกับการวางแผนตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้อ้อยจากการเก็บเกี่ยวที่มีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพอ้อยให้ได้ค่าความหวานตามแผนการเก็บเกี่ยวที่ได้กำหนดไว้ให้ได้มากที่สุดรวมทั้งสอดคล้องกับกำลังการหีบอ้อยของโรงงานในแต่ละวัน โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการหาคำตอบ 2 วิธีคือ 1) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ซึ่งคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แต่จากข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงได้มีการพัฒนาวิธีการขึ้นต่อมาคือ 2) การพัฒนาอัลกอริทึม (Algorithm) โดยใช้หลักการ Capacitated Clustering (Barreto et al., 2007) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มแปลงอ้อยด้วยวิธี Minimum Spanning Tree และทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานชุดใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้กลุ่มแปลงใดบ้าง (ดังแสดงในรูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างการจัดกลุ่มแรงงานในการตัดแปลงอ้อยในพื้นที่ต่างๆ

ในปัจจุบันการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยมี 3 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 การจัดสรรแรงงานโดยแรงงานในกลุ่มไม่สามารถแยกกลุ่มกันได้ นั่นคือ เมื่อมีการเก็บเกี่ยวต้องมีการเคลื่อนย้ายกันไปทั้งกลุ่ม รูปแบบที่ 2 การจัดสรรแรงงานโดยแรงงานสามารถแยกกลุ่มกันเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยให้โควตาอื่นได้ ตามจำนวนคนงานที่ต้องการ และรูปแบบที่ 3 การจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวในแต่ละฤดูกาลบางโควตาที่มีการแบ่งกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวได้แต่ในขณะที่บางโควตาไม่สามารถแบ่งกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งในการศึกษาจะทำการพิจารณาเฉพาะรูปแบบที่ 2 คือให้แรงงานในแต่ละโควตาสามารถแยกกลุ่มกันเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยให้โควตาอื่นได้ และจากคำตอบตั้งต้นที่ได้จากหลักการ Capacitated Clustering จะทำการปรับปรุงคำตอบที่ดีขึ้นด้วยวิธีทางเมตาฮิวริสติกส์ (Meta – Heuristic) ที่เรียกว่าวิธีทาบูลีเซิร์ช (Tabu search) ซึ่งในการประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น โดยประโยชน์ที่ได้จากผลการศึกษาทำให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการการเก็บเกี่ยวของแรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดต้นทุนในการจัดสรรที่ต่ำที่สุด และสามารถเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีผลผลิตน้ำตาลสูง โดยโรงงานจะได้วัตถุดิบที่เหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพตามที่โรงงานต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อสร้างรูปแบบจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยให้เกิดต้นทุนในการบริหารจัดการแรงงานที่ต่ำที่สุด และคงไว้ซึ่งความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและคงคุณภาพอ้อยให้ได้ค่าความหวานตามตารางตั้งต้นไว้ให้ได้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในห่วงโซ่อุปทานขาเข้าของโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลทราย
- 1.2.2 เพื่อส่งเสริมอาชีพเกษตรกรให้มีรายได้สม่ำเสมอ และพัฒนาระบบห่วงโซ่อุปทานรวมถึงโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลให้มีความยั่งยืนเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ
- 1.2.3 ตอบสนองความต้องการยุทธศาสตร์ที่ 5 ของยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย พ.ศ. 2550-2554 ในด้านพัฒนาบุคลากรผู้มีความรู้ความเข้าใจด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงและสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผู้ประกอบการภายในประเทศ นำไปสู่การขับเคลื่อนเศรษฐกิจภายในประเทศให้ดีขึ้นต่อไป

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยและปริมาณอ้อยที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งในการศึกษานี้ มีขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา ดังนี้

- 1.3.1 พิจารณาเฉพาะการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่อยู่ในการเชื่อมโยงของโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล โดยความสอดคล้องด้านกำลังการผลิตของโรงงาน
- 1.3.2 พิจารณาข้อมูลของค่าความหวานของอ้อยที่ใช้ในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งได้จากการพยากรณ์ค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลงปลูกในเขตพื้นที่เพาะปลูก โดยข้อมูลค่าความหวานมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างกันของข้อมูลปัจจัยพื้นฐานด้านการเพาะปลูกอ้อย เช่น ลักษณะอากาศ ปริมาณน้ำฝน และลักษณะดิน เป็นต้น รวมถึงพันธุ์อ้อย และช่วงเวลาการเพาะปลูก นอกจากนี้ ค่าความหวานของอ้อยทั้งหมดในแต่ละแปลงเพาะปลูกมีค่าเท่ากัน โดยเป็นค่าเฉลี่ยค่าใดค่าหนึ่งในแต่ละช่วงเวลา
- 1.3.3 พิจารณากำลังการผลิตของโรงงานและปริมาณอ้อยทั้งหมด โดยมีเงื่อนไขด้านปริมาณการขนส่งอ้อยที่เพียงพอกับกำลังการผลิตของโรงงานตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว
- 1.3.4 พิจารณาการเก็บเกี่ยวอ้อยของแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย โดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของพื้นที่การเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งจะกำหนดวิธีให้สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยให้มีลำดับตามการเข้าถึงได้ของพื้นที่เพื่อทำการเก็บเกี่ยวอ้อยที่พัฒนาขึ้น และแรงงานสามารถข้ามกลุ่มไปช่วยเก็บเกี่ยวที่กลุ่มอื่นได้เมื่อเกิดการขาดแคลนแรงงาน

1.4 ระเบียบวิธีวิจัยโดยย่อ

- 1.4.1 ศึกษารูปแบบของระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในลักษณะทั่วไปที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะในส่วนข้อมูลด้านแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยและระบบการขนส่งอ้อยจากไร่สู่โรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย
- 1.4.2 ทำการทบทวนในส่วนวรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำความเข้าใจวิธีการแก้ปัญหาการจัดสรรงานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์และวิธี Capacitated Clustering

- 1.4.3 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยการโปรแกรมแบบผสมจำนวนเต็มในการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยรูปแบบที่ 2 โดยเกิดต้นทุนในการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวที่ต่ำที่สุด และสอดคล้องกับตารางการเก็บเกี่ยวที่ให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่มากที่สุด
- 1.4.4 ทดสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป CPLEX/MPL ซอฟต์แวร์ และทดสอบความถูกต้องเปรียบเทียบกับคำตอบของโจทย์ปัญหาที่กำหนดขึ้น
- 1.4.5 พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรแรงงานการเก็บเกี่ยวอ้อยรูปแบบที่ 2 โดยทำการพัฒนาอีวิริสติกส์ให้เป็นคำตอบเริ่มต้น และใช้หลักการปรับปรุงคำตอบที่เป็นไปได้ให้มีค่าใกล้เคียงค่าเหมาะสมที่สุดมากขึ้นด้วยวิธีทาบูเรีย
- 1.4.6 ประเมินประสิทธิภาพของอีวิริสติกส์ที่ใช้ในการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย โดยเปรียบเทียบคำตอบของสมการเป้าหมายที่ได้จากอีวิริสติกส์ กับคำตอบของสมการเป้าหมายที่ได้จากสถานการณ์จริงด้วยการใช้โปรแกรมเพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ
- 1.4.7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในประเด็นที่ควรจะศึกษาต่อไป
- 1.4.8 จัดทำรายงานและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริงในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้รูปแบบทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการจัดสรรจำนวนแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยให้เพียงพอและสอดคล้องกับการวางแผนตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่กำหนดไว้ และทำให้เกิดต้นทุนด้านการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุด เพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปใช้งานจริงในอุตสาหกรรมการเกษตร เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต และเพิ่มมูลค่าภายในระบบ นำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันกับตลาดในระดับสากลได้
- 1.5.2 โรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทรายและเกษตรกรชาวไร่อ้อยสามารถใช้ประโยชน์จากการประยุกต์ใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความยืดหยุ่นที่สามารถปรับใช้กับเขตหรือพื้นที่ที่มีรูปแบบการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวที่ต่างกันออกไป และเกิดความต่อเนื่องของห่วงโซ่คุณค่าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายมากขึ้น
- 1.5.3 เกิดองค์ความรู้และความเข้าใจในการจัดการใช้คุณค่าและโลจิสติกส์และสามารถนำไปสานต่อเพื่อการพัฒนาในด้านอื่นๆ ต่อไปได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะการเก็บเกี่ยวอ้อยในปัจจุบัน เพื่อให้เข้าใจและสามารถวิเคราะห์หาวิธีแก้ปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย แต่เนื่องจากทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยโดยตรงนั้นยังไม่มีผู้ใดเคยทำมาก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่ง รวมทั้งวรรณกรรมที่มีลักษณะของวิธีการที่คล้ายคลึงกัน เช่น การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ เทคนิคการจัดกลุ่ม (Clustering) และการพัฒนาอีวริสติกส์อัลกอริทึม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบการเก็บเกี่ยวอ้อยในปัจจุบัน

2.1.1 การเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้แรงงานคน

งานลักษณะการเก็บเกี่ยวอ้อยในปัจจุบัน ชาวไร่จัดการการเก็บเกี่ยวอ้อยเอง โดยหัวหน้าโควตานำลูกไร่มารวมกลุ่มกันเพื่อให้ได้คิวรถบรรทุกในการขนส่งอ้อยและให้มีแรงงานตัดอ้อยภายในกลุ่มหรือโควตา โดยการจัดลำดับการตัดอ้อยของลูกไร่และแปลงอ้อยให้สอดคล้องกับคิวของโรงงานและคำนึงถึงความพึงพอใจของลูกไร่ ซึ่งบางครั้งมีข้อจำกัดเนื่องจากไม่สามารถจัดให้แรงงานตัดอ้อยได้อย่างต่อเนื่องเพราะมีจำนวนแรงงานในพื้นที่น้อยจึงมีการนำแรงงานต่างพื้นที่หรือแรงงานต่างตัวเข้ามาช่วยงาน

2.1.2 ข้อมูลทั่วไปของแรงงานตัดอ้อย

แรงงานในการตัดอ้อยสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

(1) แรงงานในพื้นที่ คือแรงงานที่อาศัยในหมู่บ้านหรือละแวกใกล้เคียงที่มีการปลูกอ้อยสามารถเดินทางไปไร่ได้โดยไม่ต้องนอนค้างแรมในไร่ อาจเป็นญาติพี่น้องหรือเพื่อนบ้านกับชาวไร่ที่สามารถช่วยเหลือในการตัดซึ่งกันและกันได้

(2) แรงงานนอกพื้นที่ คือแรงงานที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่โดยชาวไร่จะไปรับมาจากต่างอำเภอ หรือต่างจังหวัด เพื่อมาทำงานตัดอ้อยโดยชาวไร่จะจัดที่พักให้และดูแลไปส่งยังที่ทำงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะรับเงินมัดจำจากชาวไร่ไปแล้วบางส่วนเพื่อเป็นหลักประกันว่าจะมาทำงานให้เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว

(3) แรงงานต่างตัว คือแรงงานจากประเทศเพื่อนบ้าน แต่จากการเก็บข้อมูลภาคสนามไม่พบแรงงานส่วนนี้

2.1.3 ต้นทุนในการตัดอ้อยและขึ้นอ้อยด้วยแรงงานคนทั้งหมด

รายละเอียดของต้นทุนในการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคนทั้งหมดมีดังนี้

(1) ค่าจ้างตัดอ้อย จะแตกต่างกันในแต่ละเขต โดยอัตราการตัดอ้อยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2 ตันต่อคนต่อวัน และอัตราค่าจ้างเหมาแบบตัดรวมค่าขึ้นอ้อย 200-210 บาทต่อตัน หรืออัตราจ้าง 300 บาทต่อวัน

(2) ค่าใช้จ่ายในการรับส่งแรงงาน ซึ่งจะแปรผันตรงตามระยะทางการเดินทาง

(3) ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแรงงาน ซึ่งมีทั้งแบบไปติดต่อเองโดยตรง หรือติดต่อผ่านนายหน้า ก่อให้เกิดค่าใช้จ่าย เช่น โทรศัพท์สื่อสาร ค่านายหน้า ค่าเดินทาง

(4) สวัสดิการสำหรับแรงงานตัดอ้อย ค่าใช้จ่ายเรื่องอาหารกลางวัน อุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยว และการจัดการเรื่องที่พักให้กับแรงงานต่างพื้นที่ซึ่งจะคิดเฉลี่ยเป็นต่อรายบุคคล

2.1.4 ปัญหาของชาวไร่ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยว

ในส่วนของปัญหาการเก็บเกี่ยวที่เกี่ยวข้องกับชาวไร่ คือ 1) ในช่วงต้นหีบไม่สามารถหาแรงงานมาตัดอ้อยได้เนื่องจากเป็นเวลาที่คาบเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวข้าว จึงไม่มีแรงงานมาตัดอ้อย 2) ในช่วงกลางหีบบางช่วงรถติดคือนาน ทำให้ยากในการจัดการแรงงานเนื่องจากแรงงานต้องการรายได้ แต่เมื่อไม่สามารถตัดอ้อยได้ก็ไปทำงานที่อื่น และเป็นการยากที่จะหาแรงงานใหม่ 3) ช่วงปลายหีบ เกิดปัญหาอ้อยไฟไหม้เนื่องจากแรงงานปฏิเสธการตัดอ้อยสดเนื่องจากอากาศที่ร้อนจัด

2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล

2.2.1 การเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย (Sugarcane Harvest Scheduling)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดการลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย เป็นงานวิจัยที่ทำการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวโดยมีวัตถุประสงค์ ข้อจำกัดและเงื่อนไข รวมถึงวิธีการหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่มีความแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างงานวิจัยด้านการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ได้แก่ การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์จากระบบ Linear Regression เพื่อใช้ในการเพาะปลูกอ้อยเพื่อให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตของโรงงานและอัตราการเก็บเกี่ยวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ (ครองสิทธิ์ ดวงมณี & กฤต สุวรรณาศรัย, 2547) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มที่มีลักษณะปัญหาเป็นแบบ Generalized Assignment Problem ในการกำหนดวันเก็บเกี่ยวอ้อย ช่วงเวลาว่างรอบของการเพาะปลูกและช่วงเวลาที่จะไถกลบแปลงปลูกสำหรับเขตพื้นที่การเพาะปลูกอ้อย โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลตอบแทนรวมสูงสุดในช่วงการวางแผนการเพาะปลูกเป็นเวลาหลายปี มีข้อจำกัดในด้านการกำหนดพื้นที่ ความเสมอภาค การหีบอ้อย และปริมาณการขนส่ง (Higgins, 1999) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง (Linear Programming) ในการหาวันเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดีที่สุด โดยอาศัยเงื่อนไขตำแหน่งที่ตั้ง ความแตกต่างของพันธุ์อ้อย ลักษณะการเพาะปลูก เป็นต้น มีสมการเป้าหมายคือผลผลิตน้ำตาลรวมและผลตอบแทนรวมสูงสุด (Higgins et al., 1998) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบของสมการกำลังสอง (Second-Order Polynomial) ของแนวโน้มค่าความหวานของอ้อยจากการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกในอดีตของประเทศออสเตรเลีย และจัดสรรส่วนอ้อยกับสปีดาร์ที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าความหวานสูงสุดในแต่ละรอบการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังได้นำรูปแบบทางคณิตศาสตร์นี้มาทำการพัฒนาเป็นคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer Software) ชื่อว่า SugarMax เพื่อใช้ในการจัดตารางการเก็บเกี่ยว โดยให้ผลลัพธ์เป็นสัดส่วนของปริมาณอ้อยที่จะเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบและแต่ละพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งทำให้ผู้เพาะปลูกสามารถติดตามแนวโน้มของค่าความหวานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวอ้อย (Jiao et al., 2005) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Programming) สำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยในวันที่เหมาะสมที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำตาลสูงที่สุด จากการพยากรณ์การเจริญเติบโต น้ำหนักลำต้นต่อผลผลิตน้ำตาลต่อลำต้นที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งเมื่อได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว จะสามารถทำให้ได้ผลตอบแทนรวมสูงสุดตามไปด้วย (Salassi et al., 2002) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในด้านความเร็วในการหีบอ้อย การเก็บรักษาอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวแล้ว การเก็บเกี่ยวอ้อยรูปแบบที่เป็นแรงงานและเครื่องเก็บเกี่ยว และการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอการวางแผนการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ตารางการเก็บเกี่ยวที่มีการสูญเสียซูโครส (Sucrose) น้อยที่สุดอีกด้วย (Grunow et al., 2007) อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างงานวิจัยด้านการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่กล่าวมานั้น พบว่า การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์เป็นแนวทางสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาการจัดการลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้เป็นอย่างดี ซึ่งลักษณะของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่นักวิจัยมีความสนใจ

2.2.2 การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน (Sugarcane Transportation)

การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน Higgins et al. (2004) แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย และได้พัฒนาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน โดยทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะปลูกอ้อย เขมฐา ชำนาญหล่อ (2547) พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์รูปแบบการโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) และการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสรรรถบรรทุกอ้อยเพื่อขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดตลอดฤดูกาลเก็บอ้อย ภายใต้ข้อจำกัดด้านจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง เป็นต้น และ Higgins (2006) พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดตารางรถบรรทุกอ้อยในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน และประยุกต์ใช้วิธีเมตะฮิวริสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีทาบูนีและวิธีแวร์เนเบิลเนบอร์ฮูดเสิร์ช (Variable Neighborhood Search) ซึ่งมีสมการเป้าหมายคือ เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกอ้อยที่จะเข้าโรงงานและเวลารอว่างงานของการเก็บอ้อยต่ำที่สุด

2.3 วรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากในปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ได้ทำการศึกษานี้จะมีการพิจารณาค่าใช้จ่ายหลักที่สำคัญคือการขนส่งแรงงานไปยังไร่ และค่าแรงงานในการจ้างตัด โดยกลุ่มแรงงานจะอยู่ประจำในแต่ละกลุ่ม และจะถูกจัดสรรเพื่อที่จะไปเก็บเกี่ยวอ้อยที่เป็นลักษณะแปลงรวมของโรงงาน ดังนั้นปัญหาดังกล่าวนี้จึงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับปัญหาการกำหนดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะที่มีกำลังการขนส่งเข้ามาเกี่ยวข้อง (Vehicle Routing Problem: VRP) และการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อกระจายสินค้า (Location Routing Problem: LRP)

สุตารัตน์ (2547) ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและบรรจุ โดยใช้พื้นฐานการสร้างตัวแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะในงานวิจัยของ Golden et al (1997) ที่ได้สร้างตัวแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งสินค้าที่มีคลังสินค้ากลาง 1 แห่ง และมีรถขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุด ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนยานพาหนะที่มี เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ความจุของยานพาหนะ เส้นทางจุดส่งสินค้า ผู้จัดทำได้ทำการปรับปรุงจากตัวแบบเดิมด้วยเพิ่มข้อจำกัดด้านเวลาเข้าไปในตัวแบบ งานวิจัยนี้ได้เสนอสมการทางคณิตศาสตร์ 2 แบบคือ (1) เพื่อหาเส้นทางในการขนส่งสินค้าที่มีระยะทางรวมในการขนส่งสั้นที่สุด (2) เพื่อหาเส้นทางในการขนส่งสินค้าที่มีระยะทางในการขนส่งสินค้าของยานพาหนะแต่ละคันให้มีระยะทางใกล้เคียงกันและสั้นที่สุด และในส่วนของบรรจุจะใช้วิธีทางฮิวริสติกจากพื้นฐานงานวิจัยของ Steudel (1979) เพื่อพิจารณาการจัดวางบรรจุภัณฑ์ในแพเลตต์ ให้มีสัดส่วนของพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ต่อพื้นที่ทั้งหมดน้อยที่สุด จากผลการทดลองพบว่าตัวแบบที่ 1 มีค่าผลของระยะทางขนส่งสินค้าน้อยกว่าตัวแบบที่ 2 และค่าอัตราประสิทธิภาพของการใช้ปริมาตรมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าวิธีการแบบเดิม

Frizzell & Giffin (1995) ศึกษาการจัดตารางการขนส่งซึ่งจะพิจารณาเวลาที่ลูกค้าต้องการให้จัดส่งสินค้าและระยะทาง ในการวิจัยนี้ยานพาหนะมีมากกว่า 1 คัน วิธีที่ใช้ในการจัดตารางการขนส่งมี 3 วิธีคือวิธีที่ 1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีที่ 2 ใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบแบ่งปัญหาเส้นทางและตารางการขนส่งสินค้าโดยมีเงื่อนไขด้านช่วงเวลา กำหนดส่งมอบ (The Split Delivery Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window) วิธีที่ 3 วิธีการย้ายลูกค้าระหว่างเส้นทางขนส่ง (Move Customer) โดยการนำคำตอบที่ได้จากวิธีที่ 2 มาใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นซึ่งจะนำไปตั้งของลูกค้านามาสลับจุดกันเพื่อหาระยะทางขนส่งรวมที่ต่ำที่สุด

Nabila Azi et al. (2007) ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งของยานพาหนะโดยใช้รถคันเดียวและส่งสินค้าหลายรอบในเวลาที่กำหนด สมการทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างขึ้นเพื่อหาจำนวนลูกค้าที่สามารถบริการได้มากที่สุดและนำลูกค้าที่ได้เหล่านั้นไปหาเส้นทางขนส่งที่น้อยที่สุดโดยใช้วิธีการหาส่วนของเส้นโค้งที่เกิดจากการเข้าและออกจาก

โหนด หากเส้นทางนั้นเป็นวงกลมก็จะยกเลิกเส้นทางก่อนหน้าและทำเช่นนี้ไปต่อไปจนเกิดเส้นทางการเดินทางหลายเส้นและนำตารางเหล่านั้นใช้ในการทำงานจริง

2.4 วรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบพิจารณากำลังการผลิต (Capacitated Clustering)

การแบ่งกลุ่ม (Cluster Analysis : CA) คือเทคนิคการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มโดยใช้ข้อมูลในการพิจารณาการรวมกลุ่ม ซึ่งข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกัน (Similarity) จะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม (Cluster) เดียวกัน ส่วนข้อมูลที่แตกต่างกัน (Dissimilarity or Distance) จะถูกจัดให้อยู่คนละกลุ่ม อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่ม (Clustering Algorithm) สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การแบ่งกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical Clustering) และการแบ่งกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับขั้น (Non-Hierarchical Clustering) หรือเรียกอีกอย่างว่า การแบ่งกลุ่มแบบสัดส่วน (Partitional Clustering) (Jardine and Sibson, 1968) ความหมายของกลุ่มกับการแบ่งกลุ่มจะมีความหมายไม่เหมือนกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับข้อมูลและการออกแบบผลที่ได้ การแบ่งกลุ่ม (Cluster) จะมีทั้งแบบแบ่งกลุ่มตามวิธีการค้นหา การแบ่งกลุ่มตามความหนาแน่น การแบ่งกลุ่มตามความคล้ายคลึงกันโดยการวัดเปรียบเทียบสามารถพิจารณาระยะหรือเมตริกซ์ รูปแบบการวัดที่ถูกนำเสนอเพื่อเปรียบเทียบระยะระหว่างจุดที่อยู่ในพื้นที่ปัญหา (Anderberg, 1973; Gower, 1985) ซึ่งนิยมใช้ข้อมูลเชิงปริมาณแบบ Euclidean Metric (Barreto, 2007) เพื่อหาระยะระหว่างจุด $I = (x_i, y_i)$ และ $J = (x_j, y_j)$

$$\text{จากสูตร } d(I, J) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม (Cluster) คือ การแบ่งกลุ่มในสิ่งที่สนใจให้เป็นกลุ่มเดียวกันซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม (Cluster Analysis) ได้ดังนี้

- (i) เลือกสิ่งที่จะวัดเปรียบเทียบ
- (ii) ตัดสินใจใช้ประเภทของการแบ่งกลุ่ม (Clustering)
- (iii) เลือกประเภทของการแบ่งกลุ่ม (Clustering)
- (iv) ตัดสินใจจำนวนกลุ่มที่ต้องการแบ่งกลุ่ม
- (v) ทำการแบ่งกลุ่ม

การนำมาประยุกต์เชิงวิศวกรรมจะเน้นพิจารณาเรื่องของค่าใช้จ่ายเข้ามาาร่วมด้วย รวมทั้งการพิจารณาถึงของจำกัดของแต่ละ Cluster จึงได้เกิดการพัฒนาหลักการที่เรียกว่า Capacitated Clustering Problem (CCP) (Mulvey and Beck, 1984). แนวคิดหลักของหลักการนี้คือจะใช้แก้ปัญหาที่ต้องการพิจารณาค่าน้ำหนักของแต่ละจุดหรือลูกค้าเพื่อพิจารณาแบ่งกลุ่มโดยคำนึงถึงขีดจำกัดในความจุของแต่ละกลุ่ม โดยที่จุดศูนย์กลางจะถูกหาจากความสัมพันธ์ของกลุ่มจุด I ใดๆ เพื่อให้ผลรวมของระยะทางระหว่างจุด I และจุดศูนย์กลางมีค่าต่ำที่สุด แสดงโดยสมการรูปแบบคณิตศาสตร์ (Negreiros and Palhano, 2006) ดังนี้

$$(CCP) \quad \text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} \quad (2.1)$$

โดยที่

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.2)$$

$$\sum_{j \in J} y_j \leq p \quad \forall i \in I \quad (2.3)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.4)$$

$$\sum_{i \in I} q_i x_{ij} \leq Q_j \quad \forall j \in J \quad (2.5)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.6)$$

เมื่อ n คือจำนวนจุดในชุด i , p คือจำนวนกลุ่มที่จะแบ่งในชุดข้อมูล j ,

โดยที่ $d_{ij} = \left[\sum_{k=1}^I (a_{ik} - a_{jk})^2 \right]^{1/2}$ ระยะห่างระหว่างจุด i และจุดศูนย์กลาง j

x_{ij} มีค่า 1 เมื่อจุด i ถูกจัดสรรให้กลุ่ม Cluster j และ 0 เมื่อไม่ได้ถูกจัดสรร

y_j มีค่า 1, ถ้ากลุ่ม Cluster j ถูกใช้และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่ได้ถูกจัดสรร

Q_j ความจุสูงสุดของกลุ่ม j

q_i น้ำหนักของจุด i

ในรูปแบบการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มตามกำลังการผลิต (CCP) จะทำให้ผลรวมระยะห่างระหว่างจุด i และจุดศูนย์กลาง j มีค่าน้อยที่สุด ดังเงื่อนไข (2.1) แต่ละจุด i จะถูกจัดให้กลุ่ม Cluster j เพียงกลุ่มเดียวดังสมการที่ (2.2) จำนวนของกลุ่ม Cluster อาจจะไม่เกินจำนวน Cluster p ที่ให้มาดังสมการที่ (2.3) ทุกจุด i ต้องถูกจัดให้กลุ่ม j ดังสมการที่ (2.4) ความจุของกลุ่ม j ต้องครอบคลุมน้ำหนักของจุด i ดังสมการที่ (2.5) และสมการ (2.6) จะเป็นตัวแปรตัดสินใจ ปัญหาจะเป็นแบบ NP- Hard ดังนั้น กระบวนการฮิวริสติกส์ของรูปแบบการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มตามกำลังการผลิต (CCP) ที่ถูกเสนอในตัวอย่างจะสามารถประยุกต์ใช้หลักการ Greedy Random Adaptive Programming ในการค้นหาคำตอบได้ (Ahmadi and Osman, 2005) โดยในหลักการจะมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดศูนย์กลาง p เพื่อที่จะหาค่าต่ำสุดของระยะของจุดที่กระจายที่ถูกจัดสรรกับจุดศูนย์กลาง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดด้วยการประยุกต์ใช้ฮิวริสติกส์ค้นหาแบบกระจาย (Scheuerer and Wendolsky, 2006) โดยที่แต่ละกลุ่ม j จะประกอบด้วยสมาชิก i จุด โดยจะถูกสมมติเป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่ม แล้วจะทำการสุ่มจุด i ไปเรื่อยๆ เพื่อหาจุดที่ดีที่สุดที่ทำให้ผลรวมของระยะจากจุดศูนย์กลางจากทุกกลุ่ม j ไปยังทุกจุดที่อยู่ในกลุ่ม Cluster j นั้น เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีพัฒนา A Clustering Search to Solve CCP (Chaves and Lorena, 2010) โดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแบบ Hybrid Meta-Heuristic Clustering เพื่อหาคำตอบโดยใช้วิธีการผสมระหว่างเมตะฮิวริสติกส์และหลักการแบ่งกลุ่ม (Cluster)

นอกจากนี้รูปแบบการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มตามกำลังการผลิต (CCP) ได้ถูกนำมาใช้ในปัญหาการจัดเส้นทาง (Location-Routing Problem : LRP) อย่างแพร่หลาย โดยที่ปัญหา LRP จะมีลักษณะรวมกันของ 2 ปัญหาคือ ปัญหาการจัดสถานที่ (Facility Location Problem : FLP) และปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) (Barreto et al., 2007) โดยในการแก้ปัญหาจะพิจารณาการจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงความจุของศูนย์กระจายวัตถุดิบ (Cluster) และพิจารณาค่าสั่งซื้อของลูกค้า (Points) ซึ่งจะถูกใช้ในการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มเป็นฮิวริสติกส์สำหรับปัญหา LRP โดยที่วัตถุประสงค์ที่จะหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดของต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งและการจัดหาสถานที่ที่ตั้งของโรงงาน ซึ่งการแก้ปัญหาประเภทนี้อาจมีเทคนิคอื่นๆ ในการแบ่งกลุ่มเช่น การแบ่งกลุ่มแบบลำดับและการแบ่งกลุ่มไม่เป็นลำดับมาประยุกต์เพื่อใช้แก้ปัญหา โดยวิธีการที่นิยมใช้บ่อยก็คือวิธีการแบ่งกลุ่มแบบ Spanning Tree (Gower and Ross, 1969) และวิธีของจอร์นสัน (Johnson, 1967) และวิธีการแบ่งกลุ่ม (Cluster) ที่ถูกเสนอโดยเปรียบเทียบเพื่อหาระยะห่างจุดในพื้นที่ที่นิยมใช้มากที่สุดที่เคยนำเสนอมาก่อนหน้านี้คือวิธี Single Linkage (Nearest Neighbor), Complete Linkage (Farthest Neighbor), Group Average, Centroid, Ward และ Saving (Barreto et al., 2007). และยังพบว่ามีการประยุกต์ใช้ร่วมกับเมตะฮิวริสติกส์ (The Clustering-Based Metaheuristics) (Crainic et al., 2008) ในการแก้ปัญหา LRP เช่นเดียวกัน

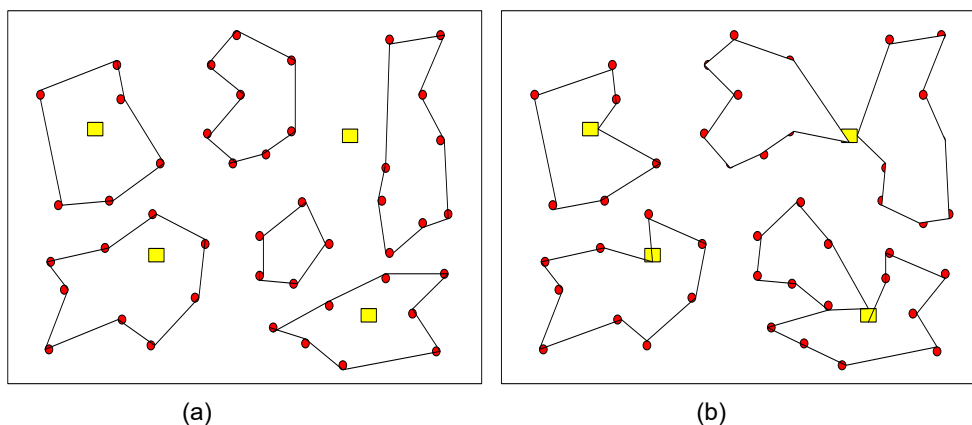
จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะแสดงให้เห็นว่าการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ดีควรจะจัดตารางการเก็บเกี่ยวเพื่อแก้ปัญหาในการเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกรหรือของโรงงานอุตสาหกรรมโดยมีการแสดงถึงวิธีการต่างๆที่สามารถแก้ปัญหาเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่มากหรือใช้ต้นทุนในการดำเนินงานต่ำที่สุดหรือว่ากลุ่มแรงงานกลุ่มใดควรรับผิดชอบในการเก็บเกี่ยวอ้อยตำแหน่งใดจึงจะทำให้ประหยัดต้นทุนมากที่สุด โดยพิจารณาค่าความหวาน กำลังการผลิตของโรงงาน ตำแหน่งที่ตั้ง เป็นต้น และในเรื่องของการขนส่งอ้อยจะแสดงให้เห็นว่าควรจะมีการจัดการขนส่งอ้อยอย่างไรเพื่อให้มีต้นทุนต่ำที่สุดโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์หรือฮิวริสติกส์มาช่วยในการแก้ปัญหาในเรื่องของการตัดสินใจโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆประกอบการพิจารณา เช่น ความจุของกลุ่มแรงงาน กำลังการผลิตของโรงงาน หรือระยะทางระหว่างกลุ่มแรงงานกับตำแหน่งแปลงที่เก็บเกี่ยว โดยรูปแบบคณิตศาสตร์หรือฮิวริสติกส์ที่สามารถตอบสนองการแก้ปัญหาต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบการบริหารจัดการสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย (Labor Scheduling Management) โดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดต้นทุนด้านการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุดและสามารถจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยให้เพียงพอต่อปริมาณอ้อยที่จะต้องทำการเก็บเกี่ยวและสอดคล้องกับการวางแผนตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้อ้อยจากการเก็บเกี่ยวที่มีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพอ้อยให้ได้ค่าความหวานตามตารางตั้งต้นไว้ให้ได้มากที่สุดรวมทั้งสอดคล้องกับการเข้าถึงพื้นที่ในการเก็บเกี่ยวและกำลังการขนาดความจุหีบอ้อยของโรงงานในแต่ละวัน โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการหาคำตอบ 2 วิธีคือ

1) การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ซึ่งคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แต่จากข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงได้มีการพัฒนาวิธีการขั้นต่อมาคือ

2) การพัฒนาอัลกอริทึม (Algorithm) โดยหลักการ Capacitated Clustering (Barreto et al., 2007) ซึ่งคำตอบที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดมากที่สุด โดยจะทำการจัดแบ่งกลุ่มแปลงอ้อยด้วยวิธี Minimum Spanning Tree และทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานชุดใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้กลุ่มแปลงใดบ้าง (ดังแสดงในรูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการจัดกลุ่มแรงงานในการตัดแปลงอ้อยในพื้นที่ต่างๆ

ในปัจจุบันการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยมี 3 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 การจัดสรรแรงงานโดยแรงงานในกลุ่มไม่สามารถแยกกลุ่มกันได้ นั่นคือ เมื่อมีการเก็บเกี่ยวต้องมีการเคลื่อนย้ายกันไปทั้งกลุ่ม รูปแบบที่ 2 การจัดสรรแรงงานโดยแรงงานสามารถแยกกลุ่มกันเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยให้โควตาอื่นได้ ตามจำนวนคนงานที่ต้องการ และรูปแบบที่ 3 การจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวในแต่ละฤดูกาลบางโควตาที่มีการแบ่งกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวได้ แต่ในขณะที่บางโควตาไม่สามารถแบ่งกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งในการศึกษาจะทำการพิจารณาเฉพาะรูปแบบที่ 2 คือให้แรงงานในแต่ละโควตาสามารถแยกกลุ่มกันเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยให้โควตาอื่นได้ และจากคำตอบตั้งต้นที่ได้จากหลักการ Capacitated Clustering จะทำการปรับปรุงคำตอบที่ดีขึ้นด้วยวิธีทางเมตาฮีริสติกส์ (Meta – Heuristic) ที่เรียกว่าวิธีทาบูลีเซิร์ช (Tabu Search) ซึ่งในการประเมินประสิทธิภาพของฮีริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น โดยประโยชน์ที่ได้จากผลการศึกษาจะทำให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการการเก็บเกี่ยวของแรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดต้นทุนในการจัดสรรที่ต่ำที่สุด และสามารถเก็บ

เกี่ยวอ้อยที่มีผลผลิตน้ำตาลสูง โดยโรงงานจะได้วัตถุดิบที่เหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพตามที่โรงงานต้องการ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ได้แบ่งขั้นตอนในการทำวิจัยทั้งหมด 8 ส่วน คือ ศึกษาข้อมูลรูปแบบของระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทดสอบความถูกต้องของรูปแบบคณิตศาสตร์ พัฒนาอัลกอริทึม ประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ สรุปผลการศึกษา และทำรายงานรวมถึงเผยแพร่ผลงาน โดยแต่ละขั้นตอนในการทำงานวิจัยจะมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1.1 ศึกษารูปแบบของระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในลักษณะทั่วไปที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะในส่วนข้อมูลด้านแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยและระบบการขนส่งอ้อยจากไร่สู่โรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย
- 3.1.2 ทำการทบทวนในส่วนของวรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำความเข้าใจวิธีการแก้ปัญหาการจัดสรรงานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์และวิธี Capacitated Clustering
- 3.1.3 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยการโปรแกรมแบบผสมจำนวนเต็มในการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยรูปแบบที่ 2 โดยเกิดต้นทุนในการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวที่ต่ำที่สุด และสอดคล้องกับตารางการเก็บเกี่ยวที่ให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่มากที่สุด
- 3.1.4 ทดสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป CPLEX/MPL ซอฟต์แวร์ และทดสอบความถูกต้องเปรียบเทียบกับคำตอบของโจทย์ปัญหาที่กำหนดขึ้น
- 3.1.5 พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรแรงงานการเก็บเกี่ยวรูปแบบที่ 2 โดยทำการพัฒนาฮิวริสติกส์ให้เป็นคำตอบเริ่มต้น และใช้หลักการปรับปรุงคำตอบที่เป็นไปได้ให้มีค่าใกล้เคียงค่าเหมาะสมที่สุดมากขึ้นด้วยวิธีทาบูลีเซิร์ท
- 3.1.6 ประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย โดยเปรียบเทียบคำตอบของสมการเป้าหมายที่ได้จากฮิวริสติกส์ กับคำตอบของสมการเป้าหมายที่ได้จากสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น ด้วยการใช้โปรแกรมเพื่อการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ SPSS
- 3.1.7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในประเด็นที่ควรจะศึกษาต่อไป
- 3.1.8 จัดทำรายงานและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริงในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลต่อไป

3.2 ตารางการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 3.1 Gantt Chart สำหรับกิจกรรมการดำเนินการวิจัย

กิจกรรม	พ.ศ. 2553-2554 (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ศึกษารูปแบบของระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล												
2.ทำการทบทวนในส่วนวรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง												
3.พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย												
4.ทดสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์												
5.พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรแรงงานการเก็บเกี่ยวให้เป็นค่าคำตอบเริ่มต้น และปรับปรุงคำตอบให้มีค่าใกล้เคียงค่าเหมาะสมที่สุดมากขึ้นด้วยวิธีทาบูเรลิท												
6.ประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์เปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นมา ด้วยการใช้โปรแกรมเพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ SPSS												

กิจกรรม	พ.ศ. 2553-2554 (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7.สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะใน ประเด็นที่ควรจะ ศึกษาต่อไป												
8.จัดทำรายงานและ เผยแพร่ผลงานทาง วิชาการเพื่อเป็น ประโยชน์ต่อการ นำไปใช้งานจริงใน อุตสาหกรรมอ้อยและ น้ำตาลต่อไป												

บทที่ 4

การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์

การหาผลเฉลยที่มีค่าเหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) เป็นผลจากการแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Model) แต่การแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์มีข้อจำกัด คือ สามารถแก้ไขปัญหามีขนาดเล็กและไม่ซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถใช้ได้กับรูปแบบของการวางแผนการจัดสรรแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยได้จริง โดยทั่วไปปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีรูปแบบปัญหาแบบ NP-Hard โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุดและสอดคล้องที่แผนการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ถูกวางแผนไว้ก่อนหน้านี้ซึ่งมีขนาดตัวแปรและพารามิเตอร์ในการประมวลผลที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) จำเป็นต้องใช้เวลาในการประมวลผลเป็นเวลานานและต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงรองรับเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อการใช้งานได้ทันเวลา ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาโดยรูปแบบทางคณิตศาสตร์จะสามารถนำไปพัฒนาเพื่อสร้างอีวิริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้นได้

4.1 สมมติฐานของปัญหา (Assumptions)

1. ค่าความหวานจากการเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงเพาะปลูกแต่ละช่วงเวลา ซึ่งถือว่าระยะเวลาเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลมีค่าน้อย โดยส่งผลให้ค่าความหวานของอ้อยไม่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการรอคอยการเข้าสู่กระบวนการผลิต
2. ค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูกมีค่าเท่ากันอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งแปลง
3. อ้อยที่ถูกจัดลำดับให้มีการเก็บเกี่ยวจากแต่ละแปลงเพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลา ถือว่าสามารถเก็บเกี่ยวได้จริง นั่นคือ ไม่คำนึงถึงสภาวะปัญหาน้ำท่วม หรือสภาพแปลงที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้
4. การขนส่งอ้อยของรถบรรทุกแต่ละคัน อ้อยที่ทำการบรรทุกต้องได้จากแปลงอ้อยในกลุ่มโคเวตาเดียวกันเท่านั้น ไม่มีการผสมอ้อยจากแปลงเพาะปลูกของกลุ่มโคเวตาที่แตกต่างกัน
5. การเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงมีความเป็นอิสระต่อกัน
6. ปริมาณรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน มีจำนวนเพียงพอต่อความต้องการในการขนส่งอ้อยตามลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ได้กำหนดขึ้น
7. แรงงานที่ถูกนำมาจัดสรรให้ต้องได้รับค่าแรงมากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงงานขั้นต่ำตามที่กฎหมายกำหนดจึงต้องจัดแปลงอ้อยที่เก็บเกี่ยวให้พอดีกับกำลังการเก็บเกี่ยวของกลุ่มแรงงานจึงจะทำให้แรงงานได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่า
8. แปลงอ้อยในกลุ่มโคเวตาสามารถแยกให้แรงงานในกลุ่มโคเวตาอื่นมาช่วยตัดได้

4.2 การสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

การสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการจัดสรรแรงงานจะใช้โปรแกรมแบบผสมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Mixed-Integer Linear Programming) เพื่อจำลองปัญหาการจัดสรรแรงงาน และได้คำตอบที่เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โดยงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบดังนี้ คือ ดัชนี (Index) ตัวแปรต่างๆ (Parameter) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) สมการและอสมการข้อจำกัด (Constraints) และสมการเป้าหมาย (Objective Function)

4.2.1 สัญลักษณ์ชนิดตัวแปร และความหมายที่ใช้ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายที่ใช้การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ชนิดของ ตัวแปร	ตัวแปร	ความหมาย
Index	i	ดัชนีของแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ i ; $i = 1, 2, \dots, m$
	j	ดัชนีของกลุ่มแรงงานโควตาอ้อยที่ j ; $j = 1, 2, \dots, n$
Parameters	D_{ij}	ระยะทางจากแปลงอ้อยที่ i ไปยังกลุ่มโควตาแรงงานอ้อยที่ j
	VG_j	ปริมาณที่กลุ่มแรงงานโควตาที่ j นั้นสามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้
	V_i	ปริมาณอ้อยของแปลงที่ i
	n	จำนวนกลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยทั้งหมด
	m	จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยทั้งหมด
	RC	ปริมาณอ้อยรวมทั้งหมดที่กลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยรวมทั้งหมดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้
Decision Variables	X_{ij}	เปอร์เซ็นต์ปริมาณการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต้องเก็บเกี่ยวในแปลงที่ i จากกลุ่มแรงงานของโควตาที่ j
Binary Decision Variables	S_{ij}	$= 1$; เมื่อเลือกจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ i ให้ถูกเก็บเกี่ยวโดยกลุ่มแรงงานในโควตาที่ j
		$= 0$; กรณีอื่นๆ

สมการเป้าหมาย

สมการเป้าหมายของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนการวางแผนจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ต่ำที่สุด

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} D_{ij} \quad (1)$$

สมการที่ (1) แสดงสมการเป้าหมายเพื่อให้ระยะทางรวมระหว่างแปลงเพาะปลูกอ้อยกับกลุ่มแรงงานของโควาน้อยที่สุดซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost) แรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยต่ำที่สุด

สมการและอสมการข้อจำกัด

สมการและอสมการข้อจำกัดที่พิจารณาในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการวางแผนการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อให้ระยะทางรวมระหว่างแปลงเพาะปลูกอ้อยกับกลุ่มแรงงานของโควาน้อยที่สุดมีดังต่อไปนี้

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq 1; \quad \forall i \quad (2)$$

สมการ (2) แสดงแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ i อาจจะไม่ถูกจัดให้กลุ่มแรงงานโควตาทั้งหมดก็ได้

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n V_i X_{ij} \leq RC \quad (3)$$

สมการ (3) แสดงผลรวมปริมาณอ้อยในแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ i อาจจะน้อยกว่าหรือเท่ากับ ปริมาณอ้อยที่กลุ่มแรงงานของโควตาทั้งหมดสามารถเก็บเกี่ยวได้

$$\sum_{j=1}^m VG_j \leq \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n V_i X_{ij} \quad (4)$$

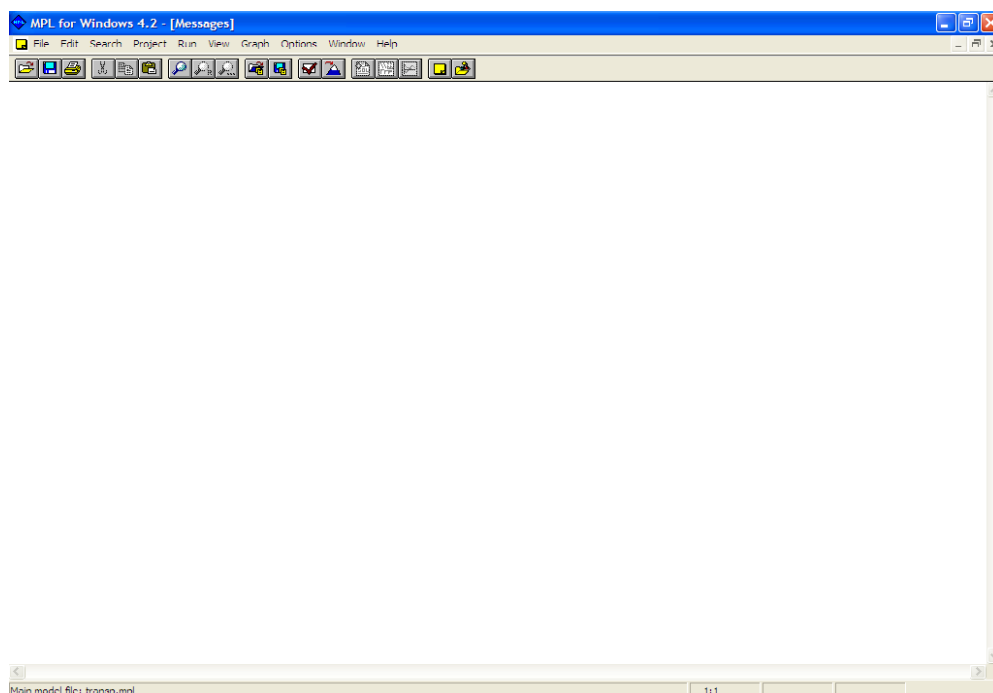
สมการ (4) แสดงผลรวมของปริมาณอ้อยแปลงที่ i ซึ่งถูกเก็บเกี่ยวโดยแรงงานของกลุ่มโควตาที่ j ทั้งหมดที่ถูกตัดจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับความสามารถในการตัดของกลุ่มแรงงานของโควตาทั้งหมดรวมกัน

$$S_{ij} \geq X_{ij}; \forall i,j \quad (5)$$

สมการ (5) แสดงค่าของตัวแปร Binary ในการตัดสินใจ S_{ij} โดยที่ตัวแปร S_{ij} ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ ตัวแปรตัดสินใจ X_{ij}

4.3 ตัวอย่างการแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์นี้ใช้คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ เอ็มพีแอล (MPL 4.2) แสดงดังภาพที่ 4.1 เพื่อหาคำตอบของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ คือระยะทางระหว่างแปลงเก็บเกี่ยวกับกลุ่มแรงงานของโควตาที่มีระยะทางรวมที่ต่ำที่สุดที่สุด โดยเชื่อมโยงการป้อนเข้าและนำออกของข้อมูลจากไมโครซอฟต์เอกเซล (Microsoft Excel) และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปเอ็มพีแอลจะประมวลผลค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ส่งผลค่านำออกลงในไมโครซอฟต์เอกเซลเพื่อสะดวกการนำค่าที่ได้จากคำนวณไปใช้ในการหาค่าต่างๆที่ต้องการ



รูปที่ 4.1 คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เอ็มพีแอล

โจทย์ตัวอย่างเพื่อทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์

จากพื้นที่กรณีศึกษาแห่งหนึ่งพบว่า มีกลุ่มแรงงาน 5 กลุ่มที่ยังไม่ถูกเปิดกลุ่มเพื่อใช้งานและมีจำนวนแปลงอ้อยที่รอให้กลุ่มแรงงานทำการตัดในช่วงเวลานี้ 12 แปลง ซึ่งข้อมูลที่ตั้งของกลุ่มและแปลงอ้อยจะเป็นดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงที่ตั้งกลุ่มแรงงานโควตาแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	x	y	ความสามารถ ในการตัด (ตัน)
1	5	10	3
2	3	10	2
3	14	13	7
4	15	6	3
5	16	1	2
รวม			17

ตารางที่ 4.3 แสดงที่ตั้งแปลงอ้อยและปริมาณอ้อยที่ต้องตัด

แปลง	x	y	ปริมาณ (ตัน)
1	13	17	1
2	18	15	2
3	6	17	3
4	13	6	1
5	13	10	2
6	9	3	1
7	11	2	1
8	4	6	2
9	12	2	1
10	5	20	1
11	5	17	1
12	14	2	1
รวม			17

จำนวนปริมาณการตัดของคน 1 คน เท่ากับ 2 ตัน ดังนั้นจึงพยายามออกแบบให้ปริมาณการตั้งของแต่ละคนใกล้เคียงกับปริมาณอ้อยขนาด 2 ตันมากที่สุด เพื่อให้แรงงานได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าที่สุด

วิธีการหาค่า RC = ปริมาณอ้อยจริงที่แรงงานของโควตาทั้งหมดสามารถเก็บเกี่ยวได้จริงๆใน Period

นั้น

จากโจทย์ข้างต้นจะได้ว่า อ้อยจะมีปริมาณแปลงที่ต้องการตัดอยู่ประมาณ 17 ตัน และกลุ่มแรงงานทั้งหมดสามารถตัดได้ 17 ตัน ดังนั้นค่า $RC = 17$ ตัน

จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนดในโจทย์ตัวอย่างเมื่อใช้รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อ Minimize Distance เวลาเมื่อ Run รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะได้คำตอบของปริมาณที่แรงงานทำการเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลง ดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณที่แรงงานทำการเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลง

แปลง	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4	Cluster5
1			1		
2			2		
3	3				
4				1	
5			2		
6				1	
7				1	
8		2			
9					1
10			1		
11			1		
12					1
Total	3	2	7	3	2

ตารางที่ 4.5 แสดงคำตอบของตัวแปรตัดสินใจ S_{ij}

แปลง	Cluster1	Cluster2	Cluster3	cluster4	Cluster5
1			1		
2			1		
3	1				
4				1	
5			1		
6				1	
7				1	
8		1			
9					1
10			1		
11			1		
12					1
Total	1	1	5	3	2

สรุปคำตอบจะได้ว่า **ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ $Total Distance = 64.93$** และคำตอบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยของกลุ่มแรงงานจะแสดงดังตารางคำตอบด้านล่าง

กลุ่มที่ 1

แปลง	จำนวน(ตัน)
3	3
รวม	3

กลุ่มที่ 2

แปลง	จำนวน(ตัน)
8	2
รวม	2

กลุ่มที่ 3

แปลง	จำนวน(ตัน)
1	1
2	2
5	2
10	1
11	1
รวม	7

กลุ่มที่ 4

แปลง	จำนวน(ตัน)
4	1
6	1
7	1
รวม	3

กลุ่มที่ 5

แปลง	จำนวน(ตัน)
9	1
12	1
รวม	2

บทที่ 5

การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

1. บทนำ

การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อวางแผนการจัดสรรแรงงานในงานวิจัยนี้เป็นการวางแผนเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งต้องการคำตอบและเวลาประมวลผลเป็นที่ยอมรับได้และสามารถใช้แก้ปัญหาขนาดอื่นๆได้ ซึ่งจากบทที่ 4 รูปแบบทางคณิตศาสตร์จะมีความเหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาได้เฉพาะปัญหาที่มีขนาดเล็ก แต่เนื่องจากในสภาพความเป็นจริงปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยถือเป็นปัญหาแบบ NP-Hard ซึ่งมีขนาดตัวแปรและพารามิเตอร์ในการประมวลผลที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) จำเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการประมวลผลเป็นเวลานานและต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงรองรับเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อการใช้งานได้ทันเวลา ดังนั้นการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมซึ่งเป็นการค้นหาคำตอบที่ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว ซึ่งคำตอบที่ได้จะใกล้เคียงกับคำตอบเหมาะสมที่สุด (Near-Optimal Solution) จะสามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจการวางแผนการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาในการเก็บเกี่ยว แต่ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมมีขั้นตอนการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากและการวางแผนการจัดสรรแรงงานของกลุ่มโควตาแต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างนานเมื่อใช้การคำนวณด้วยคน (Calculation by Hand) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยคำนวณเพื่อแก้ปัญหาการวางแผนการจัดสรรแรงงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากการวางแผนการโดยใช้เวลาการคำนวณที่เร็วและมีความแม่นยำมากขึ้น สำหรับฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาในบทนี้ได้ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1.ส่วนที่เป็นฮิวริสติกส์สำหรับการหาแปลงเก็บเกี่ยวโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลงและ 2. คือการพัฒนาฮิวริสติกส์สำหรับการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวซึ่งสามารถแบ่งระยะ คือ ระยะที่ 1 ทำการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาเป็นคำตอบตั้งต้น (Initial Solution Heuristic Algorithm) ส่วนระยะที่ 2 เป็นการปรับปรุงคำตอบเริ่มต้นที่ได้จากระยะที่ 1 ด้วยวิธีการทางเมตะฮิวริสติกส์ที่เรียกว่าทาบูเสิร์ช (Tabu Search) โดยที่ฮิวริสติกส์สำหรับการหาแปลงเก็บเกี่ยวโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลงจะเป็นฮิวริสติกส์ที่คัดเลือกแปลงอ้อยที่จะมาเก็บเกี่ยวว่าควรจะต้องเก็บเกี่ยวใน Period ไດจึงจะเหมาะสมที่สุดโดยจะเลือกแปลงอ้อยบางส่วนจากทั้งหมดให้มีปริมาณอ้อยเพียงพอกับความต้องการของโรงงานผลิต จากนั้นก็ทำการพิจารณาจัดสรรโควตาแรงงานสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรกลุ่มโควตาแรงงานสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลงอ้อยที่ถูกเลือกจากฮิวริสติกส์สำหรับการหาแปลงเก็บเกี่ยวโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลง

2. การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่เพื่อนำไปจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตา

สำหรับการวางแผนเก็บเกี่ยวอ้อยในปัจจุบันยังไม่ค่อยคำนึงถึงสภาพลักษณะทั่วไปของแปลงเพาะปลูกอ้อยมากนัก เพราะอาจจะด้วยความยุ่งยากในการจัดการต่างๆทำให้เกิดปัญหาเมื่อถึงเวลาเก็บอ้อยที่พร้อมเก็บเกี่ยวแล้วไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ตามที่วางแผนไว้ได้จริง เนื่องด้วยพื้นที่ที่ได้วางแผนเก็บเกี่ยวนั้นไม่สามารถเข้าไปเก็บเกี่ยวได้ซึ่งมีสาเหตุหลายอย่างเช่น แปลงอ้อยนั้นเป็นพื้นที่ที่ยังไม่สามารถเข้าไปเก็บเกี่ยวได้เพราะมีแปลงเพาะปลูกอ้อยอื่นๆวางอยู่รอบๆซึ่งการที่จะเข้าไปเก็บเกี่ยวได้นั้นต้องทำการเก็บเกี่ยวแปลงอ้อยที่อยู่ในพื้นที่รอบๆก่อน เป็นต้น จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้จึงทำให้มีการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมสำหรับการวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยให้ได้สอดคล้องกับ

สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะคำนึงถึงการได้ค่าความหวานของอ้อยมากที่สุดและในแต่ละคาบเวลาการเก็บเกี่ยวจะต้องได้พอดีกับกำลังการผลิตของโรงงาน

2.1 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาอีวิริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่เพื่อนำไปจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโคเวตา

ตารางที่ 5.1 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาอีวิริสติกส์อัลกอริทึม

ชนิดของ ตัวแปร	ตัวแปร	ความหมาย
Index	p	แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ; $p = 1, 2, \dots, P$
	t	วันเก็บเกี่ยวที่ t ; $t = 1, 2, \dots, T$
Parameters	$CCS_{p,t}$	ค่า CCS ของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p , ในวันเก็บเกี่ยวที่ t
	$CANE_p$	ปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p
	CAP_t	กำลังการผลิตของโรงงานในวันเก็บเกี่ยวที่ t
	W_{ij}	ค่าบ่งชี้ว่าแปลง i ต้องรอแปลง j ถูกตัดจนหมด จึงสามารถเข้าถึงได้ โดยที่แปลง j คือ แปลงรอบนอกที่อยู่ติดกับแปลง i และขวางทางไม่ให้อ้อยเข้าถึงแปลง i ได้ (โดยที่วิธีการบ่อนค่าจะอธิบายในตัวอย่าง)
	A_i	ค่าสถานะว่าแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ i สามารถเก็บเกี่ยวได้หรือไม่ ถ้า $A_i = 1$; แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันที ถ้า $A_i = 0$; แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันที
Decision variable	$QTY_{p,t}$	ปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ที่ทำการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในวันเก็บเกี่ยวที่ t (หน่วย : ตัน)
	$YIELD_{p,t}$	ผลผลิตน้ำตาลที่ได้ หากจากผลคูณของค่า CCS ของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ในวันเก็บเกี่ยวที่ t กับปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ในเก็บเกี่ยวที่ t (หน่วย : หน่วย)

2.2 ขั้นตอนของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่เพื่อนำไปจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโคเวตา

ขั้นตอนของอีวิริสติกส์อัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลป้อนเข้า (Inputs) โดยข้อมูลป้อนเข้าสำหรับอีวิริสติกส์อัลกอริทึม มีดังนี้

- (1) ค่า CCS ของอ้อยในแต่ละวันของแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CCS_{p,t}$)
- (2) ปริมาณกำลังการผลิตของโรงงานต่อวัน (CAP_t)
- (3) ปริมาณอ้อยของแต่ละแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CANE_p$)
- (4) ค่าบ่งชี้ว่ามีแปลงไหนบ้างที่อยู่ติดกันจนทำให้แปลง i ไม่สามารถเข้าถึงได้ (W_{ij})

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการคำนวณของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม มีขั้นตอนย่อยดังนี้

(1) พิจารณาแปลงที่มีค่า $A_i = 1$ ที่ค่า $CCS_{p,t}$ ของแปลงต่างๆ ที่วันที่ 1 และเลือกแปลงโดยพิจารณาว่าแปลงไหนมีวันที่มีค่า $CCS_{p,t}$ สูงที่สุดใกล้วันที่ 1 เร็วที่สุด จึงเลือกแปลงนั้น

(1.1) กรณีที่มีแปลงที่มี วันที่มีค่า $CCS_{p,t}$ สูงที่สุดใกล้วันที่ 1 มากที่สุดวันเดียวกันหรือมากกว่า 1 แปลง ให้หาค่า $ICCS = \max CCS_{p,t} - CCS_{p,1}$ ทำการเลือกค่า $CCS_{p,1}$ ที่ให้ค่า $ICCS$ เป็นบวกสูงสุด

(1.2) กรณีที่ค่า $ICCS$ เป็นบวกสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า ให้หาค่า $CANE_p$ และเปรียบเทียบค่า $CANE_p$ เลือกค่า $CANE_p$ ที่มีค่าสูงสุด

(1.3) กรณีที่ค่า $CANE_p$ เป็นบวกสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า ให้เลือกค่าใดค่าหนึ่งก็ได้

(1.4) บันทึก $CCS_{p,1}$

(2) จากนั้นก็อัปเดต (Update) ค่า $CANE_p$, CAP_t , $CCS_{p,t}$, $\sum_{i=1}^P W_{ij}$ และค่า A_i ดังนี้

(2.1) กรณีที่ $CAP_t - CANE_p = 0$ ทำการอัปเดตค่าเป็นดังนี้

$$QTY_{p,t} = CAP_t$$

$$CAP_t = 0$$

$$CCS_{p,t} = 0$$

บันทึก $QTY_{p,t} = CAP_t$ ณ วันที่เกี่ยวข้องกับ t

$$\sum_{i=1}^P W_{ij} = 0 \quad \text{โดยที่ } j \text{ เท่ากับหมายเลขแปลงที่ถูกพิจารณา}$$

$$\sum_{j=1}^P W_{ij} = \sum_{j=1}^P W_{ij}$$

ถ้า $\sum_{j=1}^P W_{ij}$ ที่อัปเดตค่า $\leq \sum_{j=1}^P W_{ij}$ (ค่าที่ป้อนเริ่มต้น) จะทำให้ $A_i = 1$

(2.2) กรณีที่ $CAP_t - CANE_p > 0$ ทำการอัปเดตค่าเป็นดังนี้

$$QTY_{p,t} = CANE_p$$

$$CAP_t = CAP_t - CANE_p$$

$$CCS_{p,t} = 0$$

บันทึก $QTY_{p,t} = CANE_p$

$$\sum_{i=1}^P W_{ij} = 0 \quad \text{โดยที่ } j \text{ เท่ากับหมายเลขแปลงที่ถูกพิจารณา}$$

$$\sum_{j=1}^P W_{ij} = \sum_{j=1}^P W_{ij}$$

$$\text{ถ้า } \sum_{j=1}^P W_{ij} \text{ ที่อัปเดตค่า} \leq \sum_{j=1}^P W_{ij} \text{ (ค่าที่ป้อนเริ่มต้น) จะทำให้ } A_i = 1$$

$$(2.3) \text{ กรณีที่ } CAP_t - CANE_p < 0 \text{ ทำการอัปเดตค่าเป็นดังนี้}$$

$$QTY_{p,t} = CAP_t$$

$$CANE_p = CANE_p - CAP_t$$

$$CCS_{p,t} = 0$$

$$\text{บันทึก } QTY_{p,t} = CAP_t$$

$$(3) \text{ หาผลคูณของ } CCS_{p,t} \text{ และ } QTY_{p,t} \text{ ที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 ตามลำดับ จะได้}$$

$$YIELD_{p,t} = CCS_{p,t} \times QTY_{p,t}$$

$$(4) \text{ ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 – ขั้นตอนที่ 3 โดยพิจารณาวันที่ 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆจนกระทั่ง } CAP_t, CCS_{p,t} \text{ หรือ } CANE_p \text{ ค่าใดค่าหนึ่งเป็น 0 ทุกคอมบินชัน}$$

ขั้นตอนที่ 3 การแสดงผลลัพธ์การคำนวณของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

$$(1) \text{ ผลผลิตน้ำตาลรวม} = \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T YIELD_{p,t}$$

$$(2) \text{ ลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ปริมาณอ้อยและค่าความหวานที่ได้จากแต่ละแปลงเพาะปลูกที่ถูกคัดเลือกให้มีการเก็บเกี่ยว โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ วันเก็บเกี่ยว หมายเลขแปลงเพาะปลูก ปริมาณอ้อยที่จะทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงเพาะปลูก และค่าความหวานที่ได้}$$

2.3 ตัวอย่างการคำนวณฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่เพื่อนำไปจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโคเวตา

จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาจะแสดงขั้นตอนการคำนวณโดยละเอียดดังนี้ ซึ่งได้ทำการสมมติโจทย์ปัญหาและทำการค้นหาคำตอบเริ่มต้นของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม ซึ่งมีรายละเอียดขององค์ประกอบและขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

โจทย์ สภาพพื้นที่แปลงเพาะปลูกอ้อยจำนวน 15 แปลงมีลักษณะดังรูปที่ 5.1 จงคัดเลือกแปลงอ้อยเพื่อการเก็บเกี่ยวให้ได้ค่าความหวานสูงสุด ซึ่งมีสภาพพื้นที่ดังรูปที่ 5.1

2	3	4	
5	1	6	9
7	8		
10	11		
13	14	15	

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างสภาพพื้นที่เพาะปลูกอ้อย

ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลป้อนเข้า (Inputs) โดยข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฮิวริสติกส์อัลกอริทึม มีดังนี้

- (1.) ค่า CCS ของอ้อยในแต่ละวันของแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CCS_{p,t}$) ซึ่งจะแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่า CCS ของอ้อยในแต่ละวันของแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CCS_{p,t}$)

	ค่า CCS ในแต่ละPeriod						
แปลง	1	2	3	4	5	6	7
1	9.6	10.3	12.2	13.6	12.2	11.4	9.8
2	12.4	13.3	12.4	10.8	9.7	8.2	7.5
3	8.7	10	10.1	11.9	12.7	13.9	12
4	5.2	6.8	7.5	8.7	9.3	10.8	11.8
5	9.7	10.4	12.7	13.8	12.7	11.6	9.2
6	12.4	13.2	12.9	10.9	9.2	9	7.9
7	8.5	10	10.5	11.4	12.1	13.1	12.4
8	5.8	6.1	7.5	8.8	9.6	10.1	11.4
9	7	9	9.5	10.5	11.9	12.4	13.8
10	7	8.2	9	10.8	11.9	12.2	13.6
11	9.6	11.9	12.1	13.4	12.9	10.7	9.3
12	12.9	13.9	12.4	10.2	9.7	8.1	7.6
13	8.6	9.4	11	11	12.2	13.2	12.5
14	7.2	8.3	9.9	10.8	11.7	12.7	13.5
15	5.4	6.6	7.1	8.4	9.5	10.6	11.8

- (2.) ปริมาณกำลังการผลิตของโรงงานต่อวัน (CAP_t) เท่ากับ 450 ตัน

- (3.) ปริมาณอ้อยของแต่ละแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CANE_p$) ซึ่งจะแสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณอ้อยที่ต้องการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลง

แปลง	ปริมาณ(ตัน)
1	307
2	314
3	309
4	80
5	364
6	355
7	397
8	102
9	320
10	379
11	341
12	360
13	381
14	371
15	120

(4) ค่าบ่งชี้ว่ามีแปลงอ้อยแปลงไหนบ้างที่อยู่ติดกันจนทำให้แปลง i ไม่สามารถเข้าถึงได้ (W_{ij})

ตัวอย่างการกรอกจากรูปสมมุติ

2	3	4
5	1	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15

รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างสภาพพื้นที่แปลงอ้อย

จากข้อมูลข้างต้นในรูปที่ 5.2 เพื่อความเข้าใจในวิธีการจึงได้ยกตัวอย่าง กรณีที่พิจารณาเฉพาะพื้นที่หมายเลข 1 ซึ่งจะได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า W_{ij}

	รอบแปลง											
แปลง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0

จากตารางที่ 5.4 มีค่า W_j จะเห็นว่าแปลงอ้อยแปลงที่ 1 ต้องรอให้แปลง 3, 5, 6, 8 ถูกตัดออกก่อนจึงจะสามารถเข้าไปตัดในแปลงหมายเลขหนึ่งได้ โดยจะพิจารณาเฉพาะแปลงที่อยู่ติดกันและปิดกันไม่ให้แปลง 1 สามารถตัดได้ทันที ซึ่งจากโจทย์ที่กำหนดให้มาจะมีลักษณะดังรูปที่ 5.3 ดังนี้

2	3	4	
5	1	6	9
7	8		
10	11		
13	14	15	

รูปที่ 5.3 ตัวอย่างสภาพพื้นที่เพาะปลูกอ้อย

จากโจทย์ตัวอย่างที่ยกตัวอย่างจะสามารถบอค่าสถานะของการเข้าถึงได้ของพื้นที่แปลงเพาะปลูกอ้อย W_j ได้ดังตารางที่ 5.5 ดังนี้

ตารางที่ 5.5 จะแสดงค่า W_j ที่ได้จากโจทย์

ค่าเริ่มต้น	แปลง j ที่รอเข้าถึง														
การเข้าถึงแปลง i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1			1		1	1		1							
2															
3															
4															
5															
6	1			1				1	1			1			
7															
8	1					1	1				1				
9															
10															
11								1		1		1		1	
12						1			1		1				1
13															
14															
15															

จากข้อมูลสถานะสำหรับการพร้อมเก็บเกี่ยวของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ได้ในตารางที่ 5.5 จะสามารถหา ค่า A_i ดังตารางที่ 5.6 ซึ่งค่า $A_i = 1$ จะสามารถเข้าถึงพื้นที่ได้เลย และ $A_i = 0$ จะยังไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้เลย

ตารางที่ 5. 6 แสดงค่า A_i

แปลง	Period1
1	0
2	1
3	1
4	1
5	1
6	0
7	1
8	0
9	1
10	1
11	0
12	0
13	1
14	1
15	1

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการคำนวณของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม มีขั้นตอนย่อยดังนี้

- (1) พิจารณาแปลงที่มีค่า $A_i = 1$ ที่ค่า $CCS_{p,t}$ ของแปลงต่างๆที่วันที่ 1 และเลือกแปลงโดยพิจารณาว่าแปลงไหนมี วันที่มีค่า $CCS_{p,t}$ สูงที่สุดไถ่วันที่ 1 เร็วที่สุด จึงเลือกแปลงนั้น

ตารางที่ 5.7 แสดงค่า CCS ของอ้อยในแต่ละวัน

	ค่า CCS ในแต่ละวัน									
แปลง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6.8	7.6	8.9	9.6	10.3	12.2	13.6	12.2	11.4	9.8
2	9.6	10.7	11.7	12.4	13.3	12.4	10.8	9.7	8.2	7.5
3	5.5	6.4	7.3	8.7	10	10.1	11.9	12.7	13.9	12
4	3.3	4.4	5.4	5.2	6.8	7.5	8.7	9.3	10.8	11.8
5	6.4	7.7	8.6	9.7	10.4	12.7	13.8	12.7	11.6	9.2
6	9.8	10.6	11.2	12.4	13.2	12.9	10.9	9.2	9	7.9
7	5.3	6.3	7.7	8.5	10	10.5	11.4	12.1	13.1	12.4
8	3.8	4.2	5.2	5.8	6.1	7.5	8.8	9.6	10.1	11.4
9	5.2	5.3	6.6	7	9	9.5	10.5	11.9	12.4	13.8
10	5	5.3	6.6	7	8.2	9	10.8	11.9	12.2	13.6
11	6.2	7.9	8	9.6	11.9	12.1	13.4	12.9	10.7	9.3
12	9.7	10.9	11.3	12.9	13.9	12.4	10.2	9.7	8.1	7.6
13	5.2	6.4	7.7	8.6	9.4	11	11	12.2	13.2	12.5
14	5.4	5.1	6.5	7.2	8.3	9.9	10.8	11.7	12.7	13.5
15	3.8	4.8	5.6	5.4	6.6	7.1	8.4	9.5	10.6	11.8

จากตารางที่ 5.7 พิจารณาแปลงที่มีค่า $A_i = 1$ จากตารางข้างบนจะเห็นว่าแถวที่ไม่ได้ถูกแรงเงาจะเป็นแถวข้อมูลค่า $CCS_{p,t}$ ในแต่ละวันที่สามารถเข้าถึงได้เลยหรือค่า $A_i = 1$

ตัวอย่างการในพิจารณาที่วันที่ 1 จะเห็นว่าแปลงที่ 2 จะถูกเลือกมาพิจารณาก่อนเพราะวันที่ 5 ของแปลงที่ 2 จะมีค่า $CCS_{p,t}$ สูงที่สุดใกล้วันที่ 1 มากที่สุดกว่ากรณีแปลงอื่น เช่น แปลงที่ 5 จะมีวันที่ 7 เป็นวันที่มีค่า $CCS_{p,t}$ สูงที่สุดซึ่งวันที่ $CCS_{p,t}$ สูงที่สุดแปลงที่ 2 เร็วกว่า

ดังนั้นในรอบการพิจารณาวันที่ 1 จะเลือกแปลงที่ 2 ซึ่งจะบันทึกค่า บันทึก $CCS_{2,1}$ เก็บไว้

(2) จากนั้นก็อัปเดต (Update) ค่า $CANE_p$, CAP_t , $CCS_{p,t}$, $\sum_{i=1}^P W_{ij}$ และค่า A_i และบันทึกค่า $QTY_{p,t}$

(3) หาผลการจัดการตัดแปลงอ้อยโดยคิดการเข้าถึงได้ของแปลงจากโจทย์ตัวอย่างจะได้คำตอบดังของ $CCS_{p,t}$ และ $QTY_{p,t}$ ที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 ตามลำดับ จะได้

$$YIELD_{p,t} = CCS_{p,t} \times QTY_{p,t}$$

(4) ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 – ขั้นตอนที่ 3 โดยพิจารณาวันที่ 2, 3, 4 ไปเรื่อยๆจนกระทั่ง CAP_t , $CCS_{p,t}$ หรือ $CANE_p$ ค่าใดค่าหนึ่งเป็น 0 ทุกคอมบินชัน

สรุป จากวิธีหาคำตอบที่ได้จาก Algorithm จะแสดงลำดับและ $YIELD_{p,t}$ ที่ได้ออกมาแสดงดังตารางที่ 5.8 ดังนี้

ตารางที่ 5.8 แสดงผลที่ได้จาก Algorithm

วันที่	ลำดับ	แปลง	CCS	ขนาด	Yeild
1	1	2	10	314	3140
	2	5	10	136	1360
2	3	5	7.7	228	1756
	4	1	7.6	222	1687
3	5	1	8.9	85	756.5
	6	6	11	355	3905
	7	12	11	10	110
4	8	12	12.9	350	4515
	9	11	9.6	100	960
5	10	11	119	241	28679
	11	7	10	209	2090
6	12	13	11	381	4191
	13	7	10.5	69	724.5
7	14	7	11.4	119	1357
	15	3	11.9	309	3677
	16	8	8.8	22	193.6
8	17	10	11.9	379	4510
	18	8	9.6	71	681.6
9	19	14	12.7	371	4712
	20	4	10.8	79	853.2
10	21	4	11.8	1	11.8
	22	8	11.4	9	102.6
	23	15	11.8	120	1416
	24	9	13.8	320	4416
รวม					75804

3. การพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตาเก็บเกี่ยว (Initial Solution Heuristic Algorithm)

ปัญหาการจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ อย่างเช่น ขนาดโควตาที่นำมาจัดสรรมีจำนวนมาก ขนาดของกลุ่มแรงงานในแต่ละโควตาก็มีจำนวนแตกต่างกันไป เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจเพื่อพิจารณาว่าแปลงใดควรจะถูกจัดสรรให้แก่กลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวในโควตาใด และควรจัดสรรในปริมาณที่เท่าใด ซึ่งวัตถุประสงค์ก็เพื่อให้เกิดระยะทางในการขนส่งเพื่อทำการเก็บเกี่ยวมีระยะทางที่สั้นที่สุดเพื่อจะทำให้ส่งผลถึงต้นทุนการขนส่งให้มีค่าของต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยแนวคิดในการแก้ปัญหาได้พัฒนาจากสมมติฐานเดียวกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์และได้ประยุกต์โดยใช้หลักการ Capacitated Clustering (Barreto et al., 2007) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มแปลงอ้อยด้วยวิธี Minimum Spanning Tree และทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานชุดใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้กลุ่มแปลงใดบ้าง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

สัญลักษณ์และตัวแปรได้กำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ในการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาจะแสดงดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

ชนิดของตัวแปร	ตัวแปร	ความหมาย
Index	j	ดัชนีแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ j ; $j = 1, 2, \dots, m$
	i	ดัชนีกลุ่มแรงงานของโควตาที่ i ; $i = 1, 2, \dots, n$
Parameters	V_j	ปริมาณอ้อยที่ยังไม่ได้เก็บเกี่ยวของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ j ; $j = 1, 2, \dots, m$
	C_i	กำลังการเก็บเกี่ยวที่เหลือของกลุ่มแรงงานโควตาที่ i ; $i = 1, 2, \dots, n$
	d_{ij}	ระยะระหว่างแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ j และกลุ่มแรงงานโควตาที่ i
	$d_{j'}$	ระยะระหว่างแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ j และแปลงอ้อยที่ j' ก่อนหน้าที่เชื่อมต่อ Path
	$node\ i$	จุดหรือกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยของกลุ่มโควตาที่ i
	$node\ j$	จุดหรือแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ j
	A	เซตของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ยังไม่ได้ถูกจัดสรรให้เก็บเกี่ยวหรือยังคงเหลือปริมาณอ้อยสำหรับการเก็บเกี่ยวอยู่
	B	เซตของโควตากลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ยังไม่ได้ถูกจัดสรรเพื่อไปเก็บเกี่ยวอ้อยแปลงใด ๆ หรือยังคงเหลือกำลังการเก็บเกี่ยวอ้อยอยู่
	cen_i	ระยะห่างระหว่างกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยของกลุ่มโควตาที่ i กับจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักของพิกัดที่ตั้งแปลงอ้อยทั้งหมด
	cen_{ndj}	ระยะห่างระหว่างแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ j กับจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักของพิกัดที่ตั้งแปลงอ้อยทั้งหมด
	n	จำนวนกลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยทั้งหมด

ตารางที่ 5.9 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาอีวิริสติกส์อัลกอริทึม(ต่อ)

ชนิดของ ตัวแปร	ตัวแปร	ความหมาย
Parameters	m	จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยทั้งหมด
	M_i	เซตของสมาชิกของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่กลุ่มแรงงานโควตาที่ i นี้ใกล้เคียงกับแปลงนั้นๆ
	n_i	จำนวนสมาชิกของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่กลุ่มแรงงานโควตาที่ i นี้ใกล้เคียงกับแปลงนั้นๆ
	D_L	ระยะทางรวมของสมาชิกของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่กลุ่มแรงงานโควตาที่ i นี้ใกล้เคียงกับแปลงนั้นๆ
	L	จำนวนรอบในการคำนวณ
	α	จำนวนรอบการคำนวณซึ่งได้คำตอบที่ไม่ได้ปรับปรุงจากคำตอบเดิม
Decision variable	W_{ij}	จำนวนปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ j ซึ่งถูกเก็บเกี่ยวโดยกลุ่มแรงงานในโควตาที่ i
Binary Decision variables	X_{ij}	$= 1$; เมื่อเลือกจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงที่ j ให้ถูกเก็บเกี่ยวโดยกลุ่มแรงงานในโควตาที่ i
		$= 0$; กรณีอื่นๆ

3.2 ขั้นตอนของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตา

สำหรับขั้นตอนของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมได้ถูกพัฒนาเพื่อทำการแก้ปัญหาการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้แก่กลุ่มแรงงานในโควตาต่างๆในพื้นที่เพื่อทำการเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าสู่โรงงานโดยจะคำนึงถึงผลรวมของระยะทางรวมต่ำที่สุดเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งมีค่าลดลงซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการเก็บเกี่ยวลดลง ทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากต้นทุนที่ต่ำลง สำหรับอีวิริสติกส์อัลกอริทึมนี้จะใช้หลักการของ Capacitated Clustering (Barreto et al., 2007) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มแปลงอ้อยด้วยวิธี Minimum Spanning Tree และทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานชุดใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้กลุ่มแปลงใดบ้าง ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ป้อนข้อมูล V_j , C_j , $node\ i$ และ $node\ j$

ขั้นตอนที่ 2 หา Center of gravity จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^J V_j x_j}{\sum_{j=1}^J V_j}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^J V_j y_j}{\sum_{j=1}^J V_j}$$

ขั้นตอนที่ 3 หาเซต M_i โดยพิจารณาจาก $Min\{d_{ij}\}$ ซึ่งหากแปลงอ้อย j ใดใกล้กลุ่มแรงงาน i ใดมากที่สุดจะถูกจัดลงกลุ่มแรงงาน i นั้น แต่หากมีระยะทางเท่ากันจะเลือกจัดสรรให้กลุ่มแรงงานที่ใกล้จุด Center of gravity ก่อน

ขั้นตอนที่ 4 เรียงลำดับเซต M_i ที่มี n_i จากมากไปน้อย และเลือกทำการจัดสรรเซต M_i ที่มี n_i มากที่สุดก่อน

ขั้นตอนที่ 5 จากเซต M_i ที่นำมาพิจารณาดูตรวจสอบว่า $\sum_j V_j > C_i$ หรือไม่ ถ้าไม่ไปขั้นตอนที่ 7 แต่ถ้าใช่ให้

Check ค่า $count \geq n$ หรือไม่ ถ้าใช่ให้เลือก $node\ i$ ก่อนหน้านี้ที่สถานะ $count = 0$ แล้วไปขั้นตอนที่ 7 แต่ถ้าไม่ให้ไปขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาเลือก $node\ i$ ที่อยู่ในเซต A ตัวอื่นที่มีค่า n_i มากลำดับที่น้อยกว่าถัดมา แล้วให้ไปขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 7 สุ่มเลือก $node\ j$ ในเซต M_i ตัวแรกที่จะนำมาเชื่อมต่อกับ $node\ i$ โดย $node\ j$ ที่สุ่มเลือกมาต้องมี $d_{ij} < d_{ij'}$ สุ่มเลือก $node\ j'$ ถัดมาที่ใกล้กับ $node\ j$ มากที่สุด หากมีมากกว่า 2 จุดให้เลือกจุดที่ไกลจากตำแหน่ง Center of Gravity มาจัดสรรก่อน

ขั้นตอนที่ 8 อัปเดตค่า C_i , $node\ i$ ไว้ในเซต A และค่า V_j , $node\ j$ ไว้ในเซต B และเก็บค่า X_j และ W_j ไว้ในเซตคำตอบ Check $V_j = 0$ หรือไม่ ถ้าใช่ให้ตัด $node\ j$ ออกจากเซต B จากนั้นให้ทำการ Check $\sum V_j = 0 ; \forall j$ หรือ $\sum C_i = 0 ; \forall i$ หรือไม่ ถ้าใช่ให้ไปที่ขั้นตอน 10 แต่ถ้าไม่ใช่ให้ไปที่ขั้นตอน 9

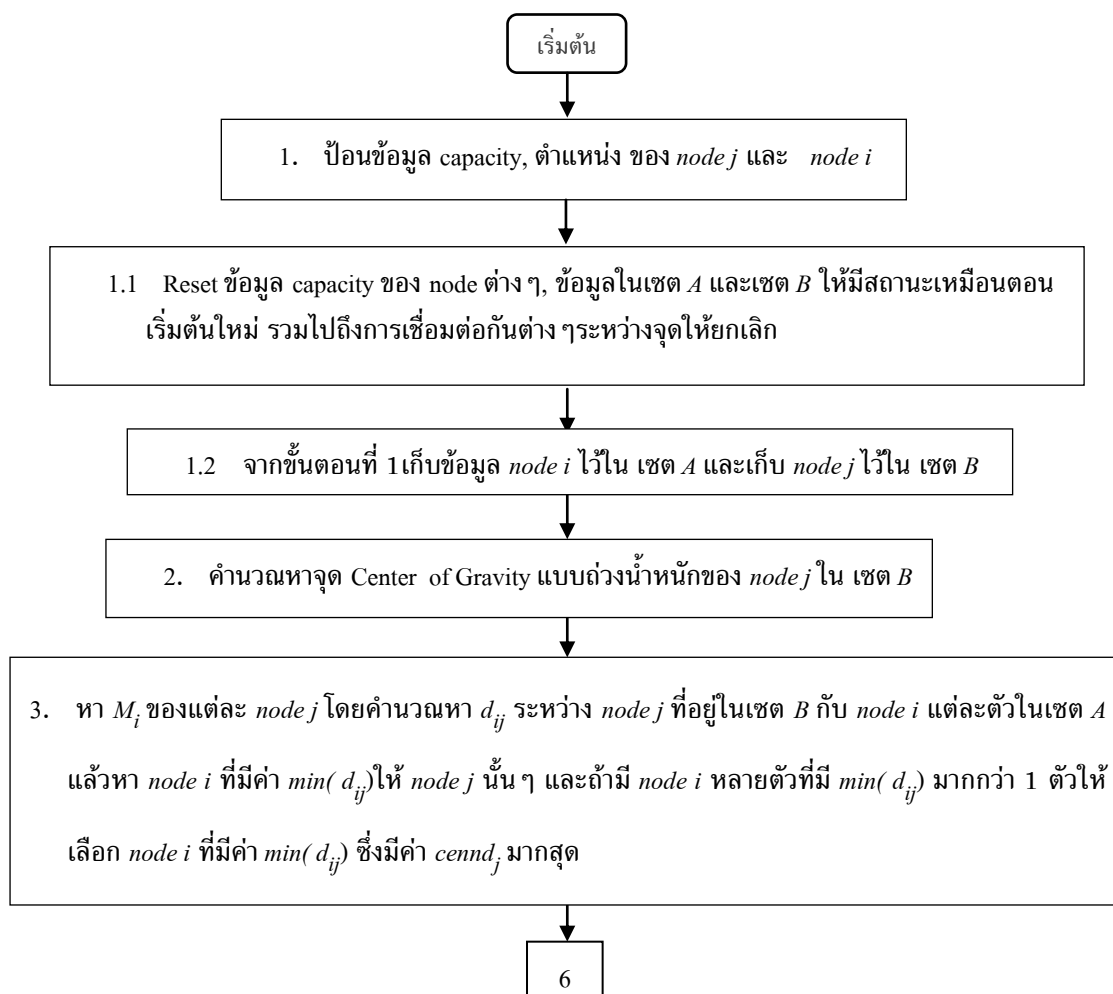
ขั้นตอนที่ 9 เลือก $node\ j'$ มาต่อกับ $node\ j$ แล้วให้ไปขั้นตอนที่ 8

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณหาระยะทางรวมทั้งหมดจาก

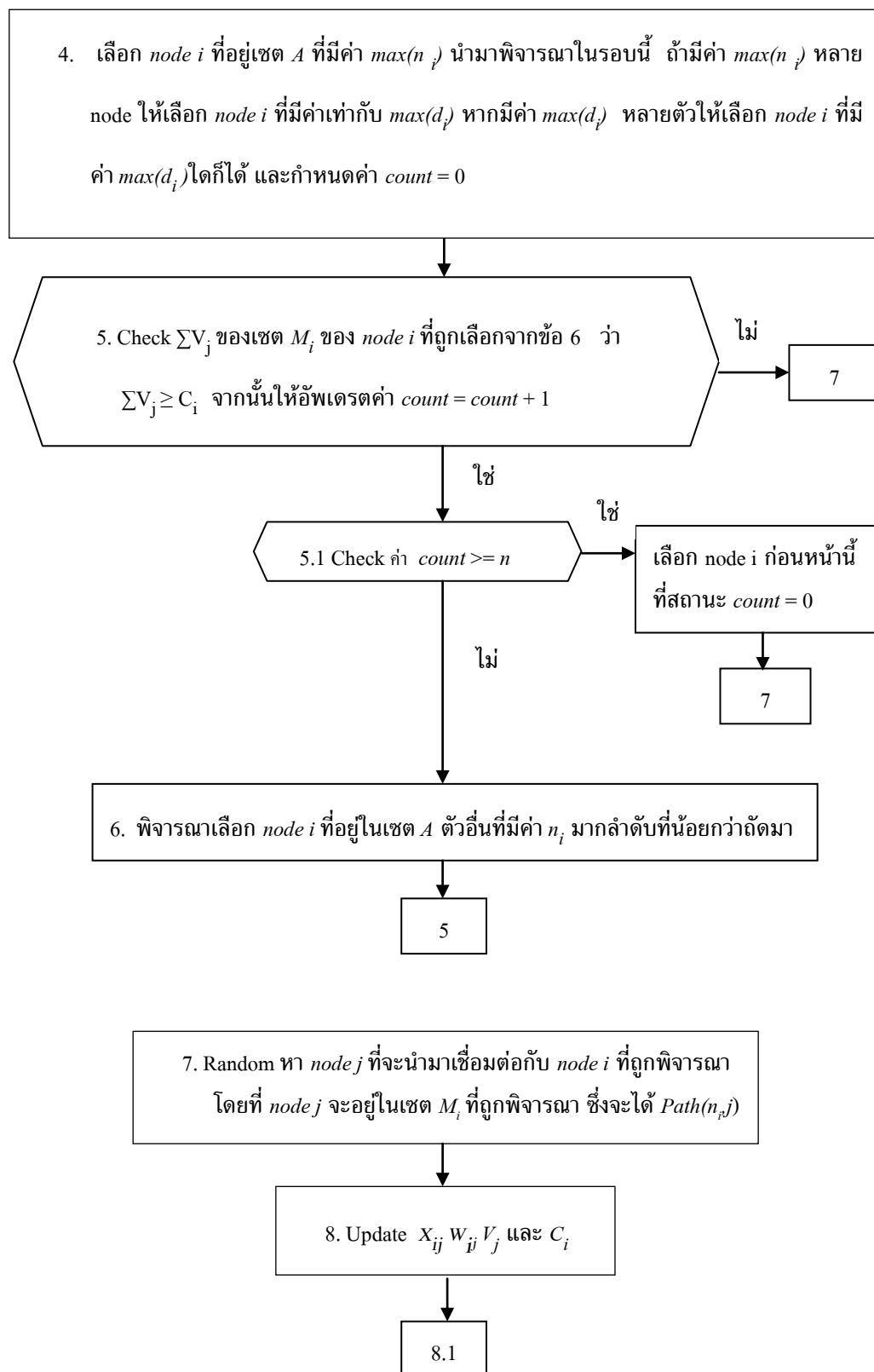
$$D_L = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n d_{ij}$$

ขั้นตอนที่ 11 ตรวจสอบ $D_{L+1} > D_L$ ถ้าใช่เก็บค่าคำตอบไว้แทนที่คำตอบในรอบที่ L แต่ถ้าไม่ใช่ให้ไปยังขั้นตอนที่ 12

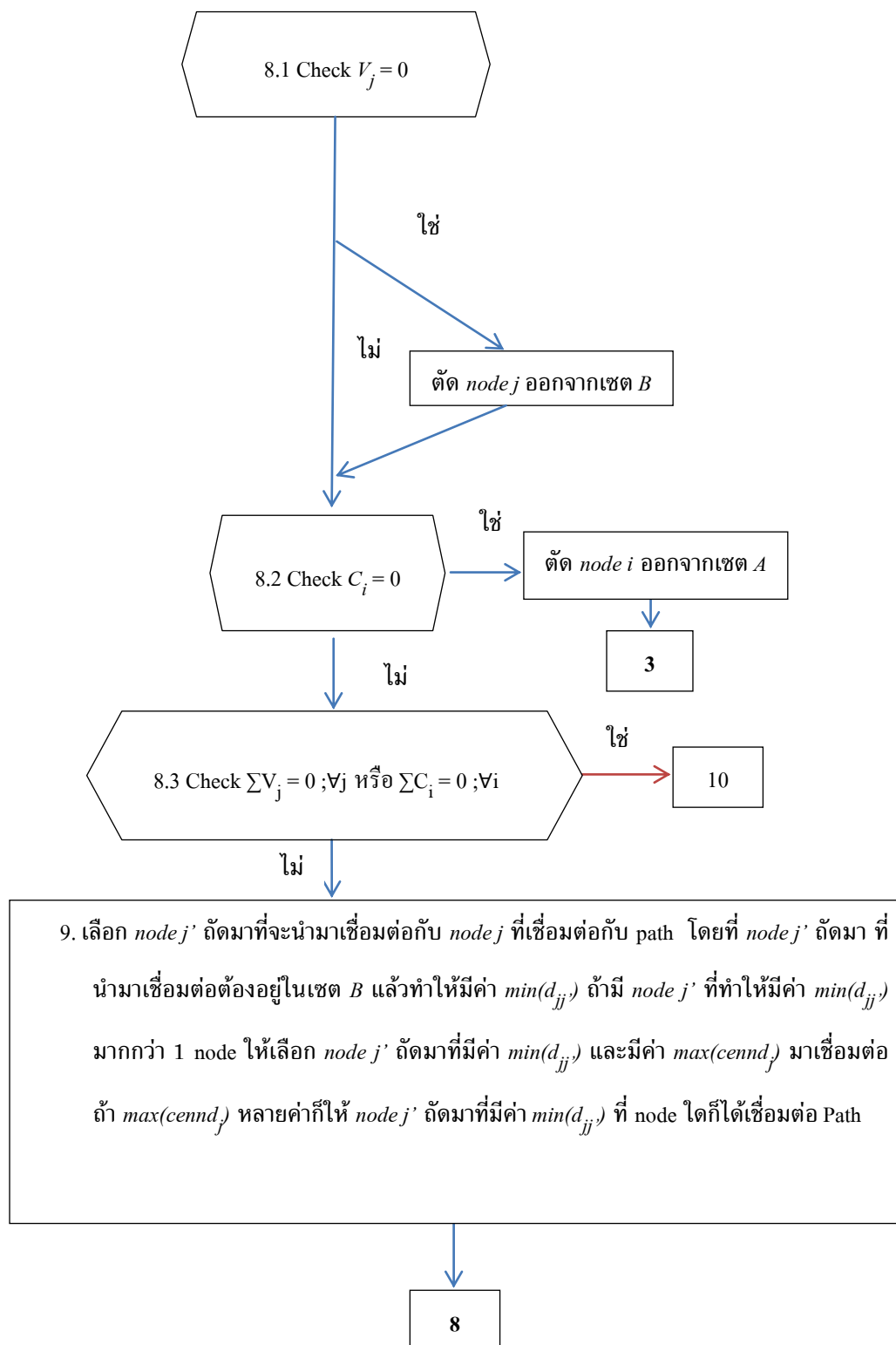
ขั้นตอนที่ 12 ตรวจสอบว่าไม่มีการปรับปรุงค่าคำตอบเกิน 100 รอบ หรือ $L=1,000$ หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้ไปยังขั้นตอนที่ 1.1 แต่ถ้าใช่ให้จบการทำงาน



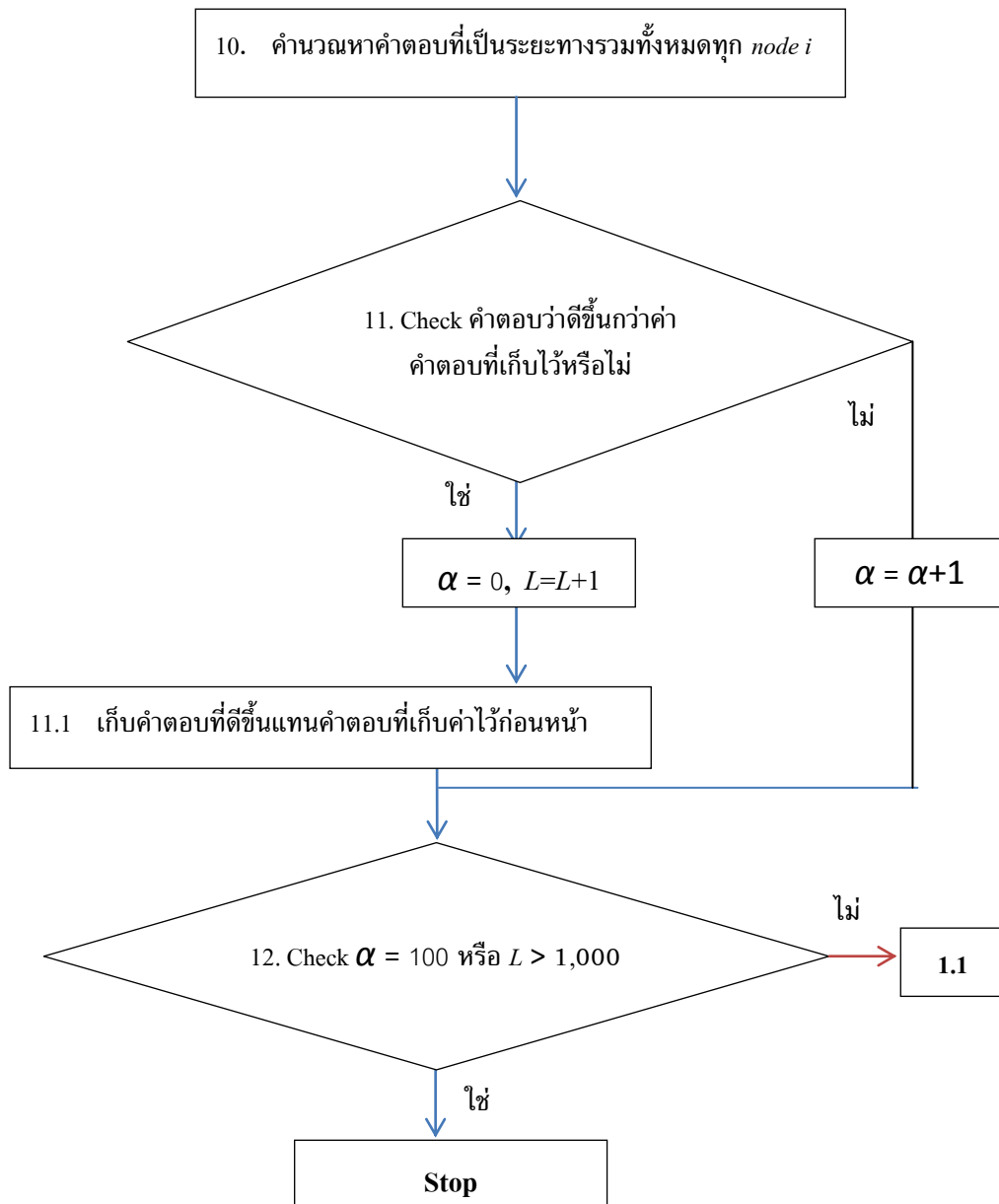
รูปที่ 5.4 แผนผังขั้นตอนอัลกอริทึมการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย



รูปที่ 5.4 แผนผังขั้นตอนอัลกอริทึมการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย(ต่อ)



รูปที่ 5.4 แผนผังขั้นตอนอัลกอริทึมการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย(ต่อ)



รูปที่ 5.4 แผนผังขั้นตอนอัลกอริทึมการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย(ต่อ)

3.2 ตัวอย่างการใช้วิธีสถิติอัลกอริทึมเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตา

จากการพัฒนาวิธีสถิติอัลกอริทึมเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยในพื้นที่เพาะปลูกจะแสดงวิธีการคำนวณโดยทดสอบในโจทย์ขนาดเล็กที่ได้ทำการสมมติขึ้นมาโดยขนาดแปลงเพาะปลูกอ้อยจะพิจารณาที่ 12 แปลงและจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาต่างๆจำนวน 5 กลุ่มโควตาแรงงาน โดยพิกัดของแปลงเพาะปลูกอ้อยและพิกัดของกลุ่มแรงงานโควตาจะได้จากการสุ่มพิกัดใน 2 มิติและทั้งแปลงเพาะปลูกอ้อยจะมีปริมาณและกลุ่มโควตาแรงงานจะมีกำลังการเก็บเกี่ยวเท่าใดก็จะแสดงผลดังตารางที่จะกล่าวต่อไปดังนี้

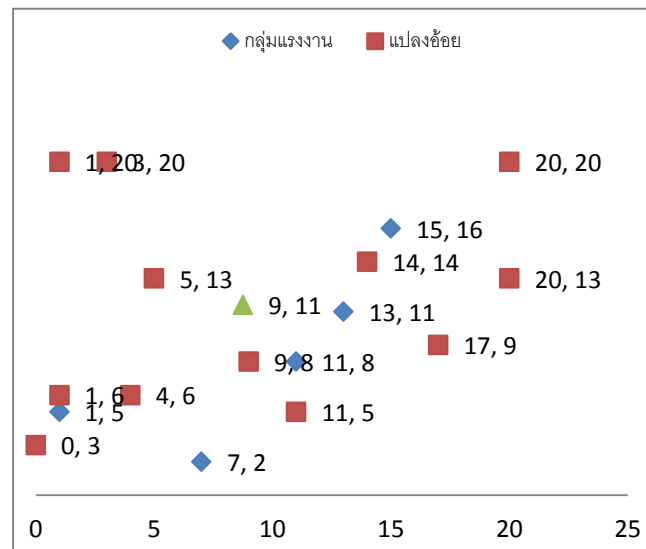
1) ขั้นตอนการป้อนข้อมูล

ตารางที่ 5.10 แสดงข้อมูล พิกัดกลุ่มแรงงาน

จุดที่	X	Y	กำลังเก็บเกี่ยว(ตัน)
1	1	5	3
2	13	11	2
3	7	2	2
4	11	8	3
5	15	16	2

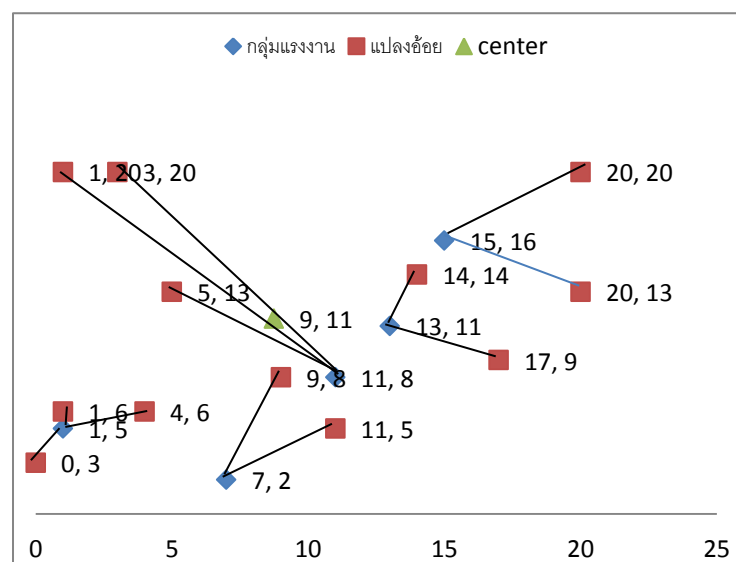
ตารางที่ 5.11 ข้อมูล พิกัดแปลงอ้อย

จุดที่	x	Y	ปริมาณ(ตัน)
1	1	6	1
2	17	9	1
3	14	14	1
4	20	20	1
5	9	8	1
6	4	6	1
7	11	5	1
8	3	20	1
9	0	3	1
10	20	13	1
11	1	20	1
12	5	13	1



รูปที่ 5.5 จากพิกัดที่ได้แสดงในตารางข้างต้นจะสามารถแสดงตำแหน่งที่ตั้ง

จากโจทย์ข้างต้นเมื่อทำการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้วิธีสถิติอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้หลักการของ Capacitated Clustering (Barreto et al., 2007) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มแปลงเพาะปลูกอ้อยด้วยวิธี Minimum Spanning Tree และทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานโควตาใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้แปลงเพาะปลูกอ้อยใดบ้างซึ่งจะได้การจัดสรรดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงผลการจัดสรรกลุ่มแรงงานที่ได้จากวิธีสถิติ

4. การปรับปรุงค่าคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีทาบูลิธ (Tabu Search)

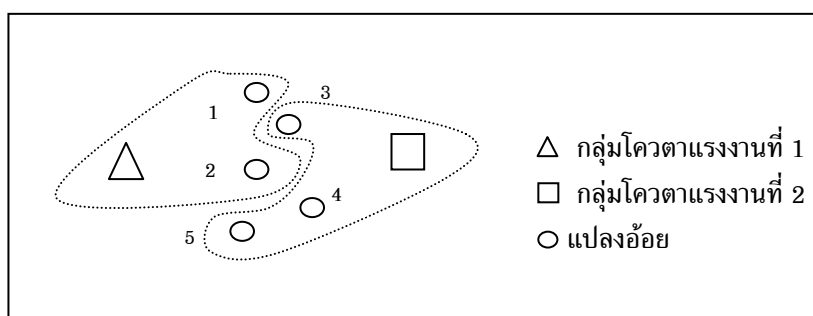
จากอีวิริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 จะได้ว่าค่าคำตอบที่ได้ยังคงเป็นแบบ Local Optima ซึ่งสามารถปรับปรุงค่าคำตอบให้ดีขึ้นและเข้าใกล้ Global Optimal ได้โดยเทคนิคที่นิยมนำมาประยุกต์คือวิธีการทางเมตะอีวิริสติกส์ งานวิจัยนี้ได้นำวิธีทาบูลิธมาประยุกต์ใช้เพื่อทำการปรับปรุงค่าคำตอบเริ่มต้นให้เข้าใกล้ค่าคำตอบที่เหมาะสมมากที่สุด

โครงสร้างทาบูลิธจะมีองค์ประกอบของสถานการณ์ต้องห้ามหรือองค์ประกอบที่ไม่สามารถใช้งานได้อยู่ด้วย อย่างไรก็ตามสถานะต้องห้ามดังกล่าวไม่จำเป็นต้องคงอยู่สภาพนั้นตลอดไป แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานะต่างๆในระบบ ขั้นตอนของทาบูลิธจะใช้แนวคิดที่ทำให้การค้นหาคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เส้นทางต่างๆ ที่อยู่รอบๆคำตอบในขณะนั้นสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจว่าจะเลือกคำตอบใหม่ในเส้นทางใด ซึ่งแตกต่างไปจากการเลือกค้นหาคำตอบด้วยวิธีสุ่ม (Random Search) ดังนั้นการเลือกเส้นทางค้นหาคำตอบ ซึ่งในบางครั้งไม่ได้ให้คำตอบที่ดีกว่าคำตอบปัจจุบันอาจจะเป็นกลยุทธ์ที่สามารถนำไปสู่การค้นหาคำตอบที่ดีกว่าต่อไปได้ (จุดประสงค์หลักในที่นี้ก็คือการหลุดพ้นจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแบบวงแคบเฉพาะถิ่นนั่นเอง)

การประยุกต์ใช้วิธีทาบูลิธเพื่อปรับปรุงค่าคำตอบที่ได้จากอีวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยซึ่งมีสมการเป้าหมายเพื่อให้ระยะรวมในการขนส่งกลุ่มแรงงานสำหรับการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุดซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งต่ำทำให้ต้นทุนการเก็บเกี่ยวอ้อยในภาพรวมลดลง โดยขั้นตอนในการปรับปรุงค่าคำตอบจะทำการสลับระหว่างคู่แปลงเพาะปลูกอ้อยในกลุ่มแรงงานโควตาเดิมกับกลุ่มแรงงานโควตาอื่น ซึ่งจะมีรายละเอียดในการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 หลักการสลับระหว่างคู่แปลงเพาะปลูกอ้อยในกลุ่มแรงงานโควตาเดิมกับกลุ่มแรงงานโควตาอื่นเพื่อปรับปรุงค่าคำตอบให้ดีขึ้น

ทาบูลิธเป็นฟังก์ชันที่เปลี่ยนจากคำตอบหนึ่งไปสู่อีกคำตอบหนึ่ง โดยองค์ประกอบย่อยของการสลับระหว่างคู่แปลงเพาะปลูกอ้อยในกลุ่มแรงงานโควตาเดิมกับกลุ่มแรงงานโควตาอื่นที่สามารถนำไปใช้กับคำตอบใดคำตอบหนึ่งจะก่อให้เกิดชุดของคำตอบหลายๆคำตอบ ซึ่งเรียกว่า เนบะฮูด (Neighborhood) ซึ่งการสลับตำแหน่งโดยการที่สลับตำแหน่งของแปลง 1 คู่จะได้คำตอบข้างเคียง (Neighborhood) 1 คำตอบ เช่น หากในพื้นที่ศึกษามีแปลงปลูกอ้อยทั้งหมด 5 แปลงและมี 2 กลุ่มโควตาแรงงาน โดยในกลุ่มแรงงานที่ 1 และ 2 จะมีแปลงอ้อยที่รับผิดชอบเก็บเกี่ยว 2 และ 3 แปลงตามลำดับดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตา

จากรูปที่ 5.7 จะสามารถแสดงได้ว่าจำนวนของวิธีการสลับโควตาแปลงอ้อยแต่ละคู่เพื่อหาคำตอบข้างเคียง (Neighborhood) ของรูปแบบการจัดสรรแรงงานโควตาต่างๆทำการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละแปลงทั้งหมดมีกี่คำตอบ ซึ่ง

รอบของการค้นหาคำตอบรอบแรกจะได้คำตอบข้างเคียง (Neighborhood) ทั้งหมด 12 คำตอบดังนี้ คือ แปลงอ้อยที่ 1 สามารถสลับได้กับแปลงอ้อยต่างโคตงาน คือ แปลงอ้อยที่ 3 4 และ 5, แปลงอ้อยที่ 2 สามารถสลับได้กับแปลงอ้อยต่างโคตงาน คือ แปลงอ้อยที่ 3 4 และ 5, แปลงอ้อยที่ 3 สามารถสลับได้กับแปลงอ้อยต่างโคตงาน คือ แปลงอ้อยที่ 1 และ 2, แปลงอ้อยที่ 4 สามารถสลับได้กับแปลงอ้อยต่างโคตงาน คือ แปลงอ้อยที่ 1 และ 2, แปลงอ้อยที่ 5 สามารถสลับได้กับแปลงอ้อยต่างโคตงาน คือ แปลงอ้อยที่ 1 และ 2 โดยในการค้นหาแต่ละครั้งของอัลกอริทึมจะค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจากคู่แปลงอ้อยที่สลับกลุ่มโคตงานที่แล้วให้ระยะทางที่ดีที่สุดที่มีรายละเอียดดังนี้

การสุ่มเลือกสลับคู่ตำแหน่งแปลงเพาะปลูกอ้อยในกลุ่มโคตงานที่ถูกจัดสรรไว้แล้วกับแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ถูกจัดสรรไว้ของกลุ่มโคตงานกลุ่มอื่น ซึ่งจะทำให้การอนุญาตให้ทำการสลับแปลงเพาะปลูกอ้อยได้ก็ต่อเมื่อระยะห่างระหว่างแปลงอ้อยไม่เกิน 30% ของระยะห่างสูงสุดที่เป็นไปได้บนพื้นที่ที่ได้ถูกพิจารณา และในการสลับแปลงเพาะปลูกอ้อยจะมีปัญหาในกรณีของปริมาณของแปลงอ้อยสลับจะมีปริมาณไม่เท่ากันดังนั้นในการสลับคู่แปลงเพาะปลูกอ้อยต่างกลุ่มโคตงานจะสามารถกำหนดวิธีการสลับแบ่งได้ออกเป็น 3 กรณีดังนี้

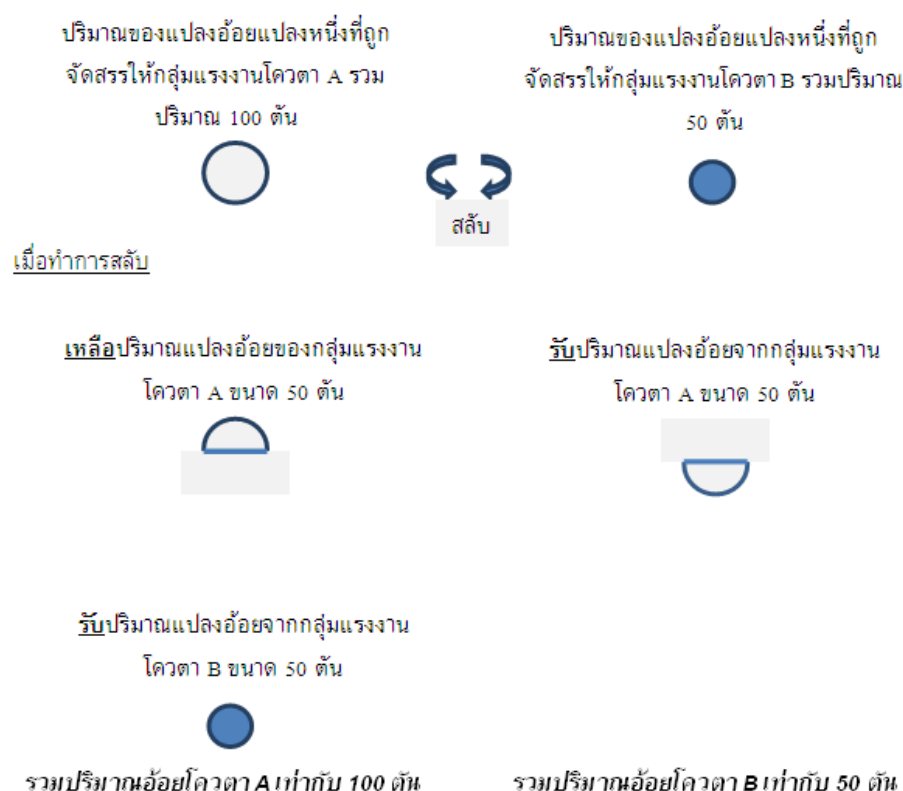
โดยที่ C_i คือ ปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโคตงานที่ถูกพิจารณา

C_j คือ ปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโคตงานอื่น

(1) กรณีที่ทำการสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโคตงานที่ถูกพิจารณามีปริมาณที่มากกว่าปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโคตงานอื่น ; $C_i > C_j$

เมื่อทำการสลับกันจะได้ว่าแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูกจัดสรรอ้อยให้กลุ่มแรงงานโคตงานอื่นที่พิจารณาทั้งหมดปริมาณ C_j จะย้ายมาอยู่ในกลุ่มโคตงานที่ถูกพิจารณา และสำหรับแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูกจัดสรรอ้อยให้กลุ่มแรงงานโคตงานที่พิจารณาจะถูกย้ายในปริมาณอ้อยเท่ากับ C_j และส่วนปริมาณอ้อยที่เหลือของแปลงเพาะปลูกอ้อยนี้ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ $C_i - C_j$ จะยังคงอยู่ที่โคตงานกลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวเดิม

ยกตัวอย่างกรณี $C_i > C_j$ เมื่อทำการสลับแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ถูกจัดสรรไว้แล้วระหว่างโคตงาน A และโคตงาน B ซึ่งจะมีปริมาณอ้อยดังรูปที่ 5.8

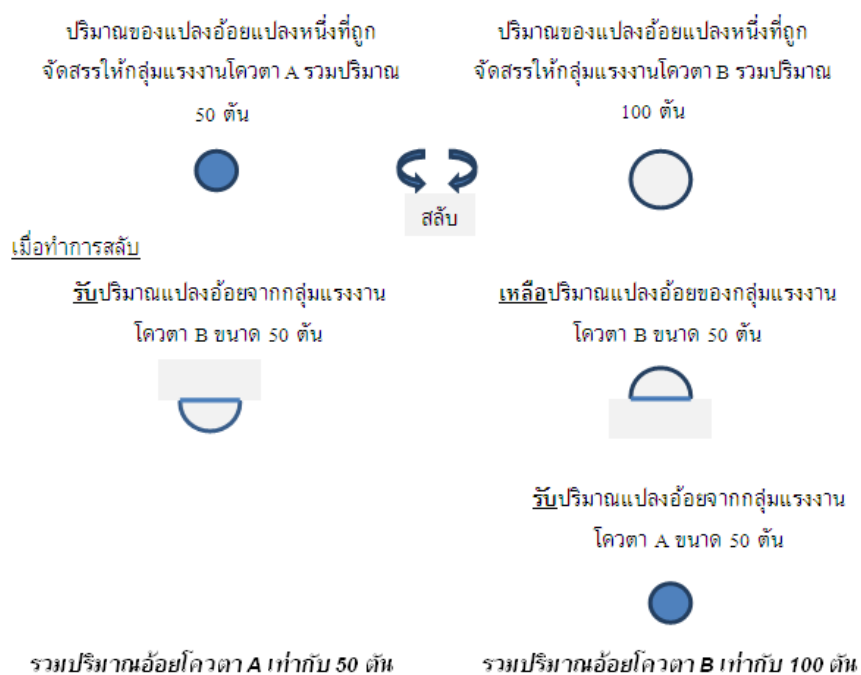


รูปที่ 5.8 การสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณาที่มีปริมาณที่มากกว่าปริมาณ
อ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น ; $C_i > C_j$

(2) กรณีที่ทำการสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณาที่มีปริมาณที่น้อยกว่า
ปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น ; $C_i < C_j$

เมื่อทำการสลับกันจะได้ว่าแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูกจัดสรรอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาที่ถูกพิจารณา
ทั้งหมดปริมาณ C_i จะย้ายมาอยู่ในกลุ่มแรงงานโควตาอื่นทั้งหมด และสำหรับแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูก
จัดสรรอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาอื่นที่ถูกพิจารณาจะถูกย้ายไปอยู่ในโควตาที่ถูกพิจารณาในปริมาณอ้อยเท่ากับ C_i และ
ส่วนปริมาณอ้อยที่เหลือของแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูกจัดสรรอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาอื่นนี้จะมีปริมาณ
เท่ากับ $C_j - C_i$ จะยังคงอยู่ที่โควตาเดิม

ยกตัวอย่างกรณี $C_i < C_j$ เมื่อทำการสลับแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ถูกจัดสรรไว้แล้วระหว่างโควตา A และโควตา B
ซึ่งจะมีปริมาณอ้อยดังรูปที่ 5.9

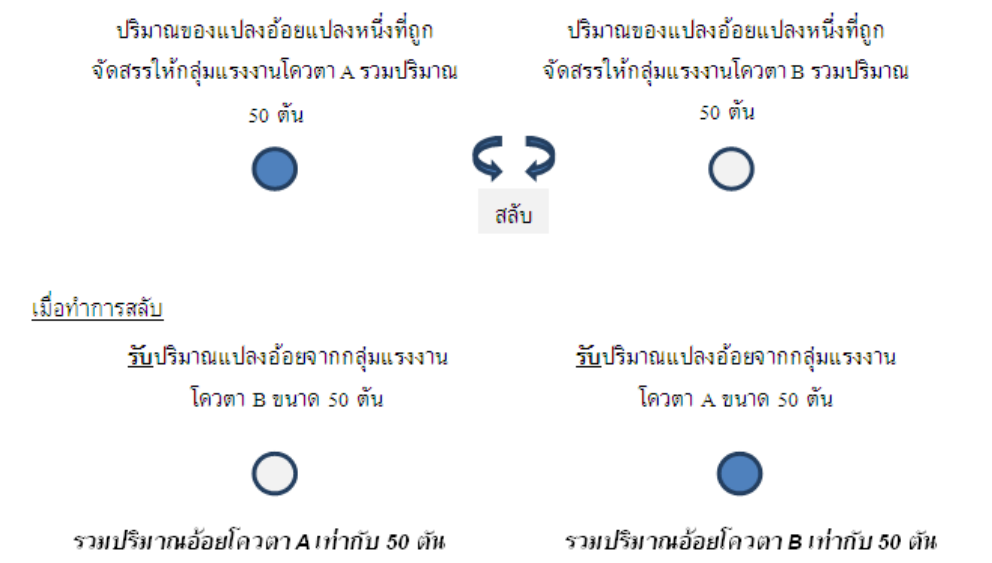


รูปที่ 5.9 การสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณาที่มีปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณ
อ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น ; $C_i < C_j$

(3) กรณีทำการสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณาที่มีปริมาณที่เท่ากับ
ปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น ; $C_i = C_j$

เมื่อทำการสลับกันจะได้ว่าแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูกจัดสรรอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาที่ถูกพิจารณา
ทั้งหมดปริมาณ C_j จะย้ายมาอยู่ในกลุ่มแรงงานโควตาอื่นทั้งหมดและสำหรับแปลงเพาะปลูกอ้อยในปริมาณที่ถูกจัดสรร
อ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาอื่นที่ถูกพิจารณาจะถูกย้ายไปอยู่ในโควตาที่ถูกพิจารณาในปริมาณอ้อยเท่ากับ C_j

ยกตัวอย่างกรณี $C_i = C_j$ เมื่อทำการสลับแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ถูกจัดสรรไว้แล้วระหว่างโควตา A และโควตา B
ซึ่งจะมีปริมาณอ้อยดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 การสลับเมื่อปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาที่ถูกพิจารณามีปริมาณที่เท่ากับปริมาณอ้อยที่ถูกจัดสรรของแปลงเพาะปลูกในโควตาอื่น ; $C_i = C_j$

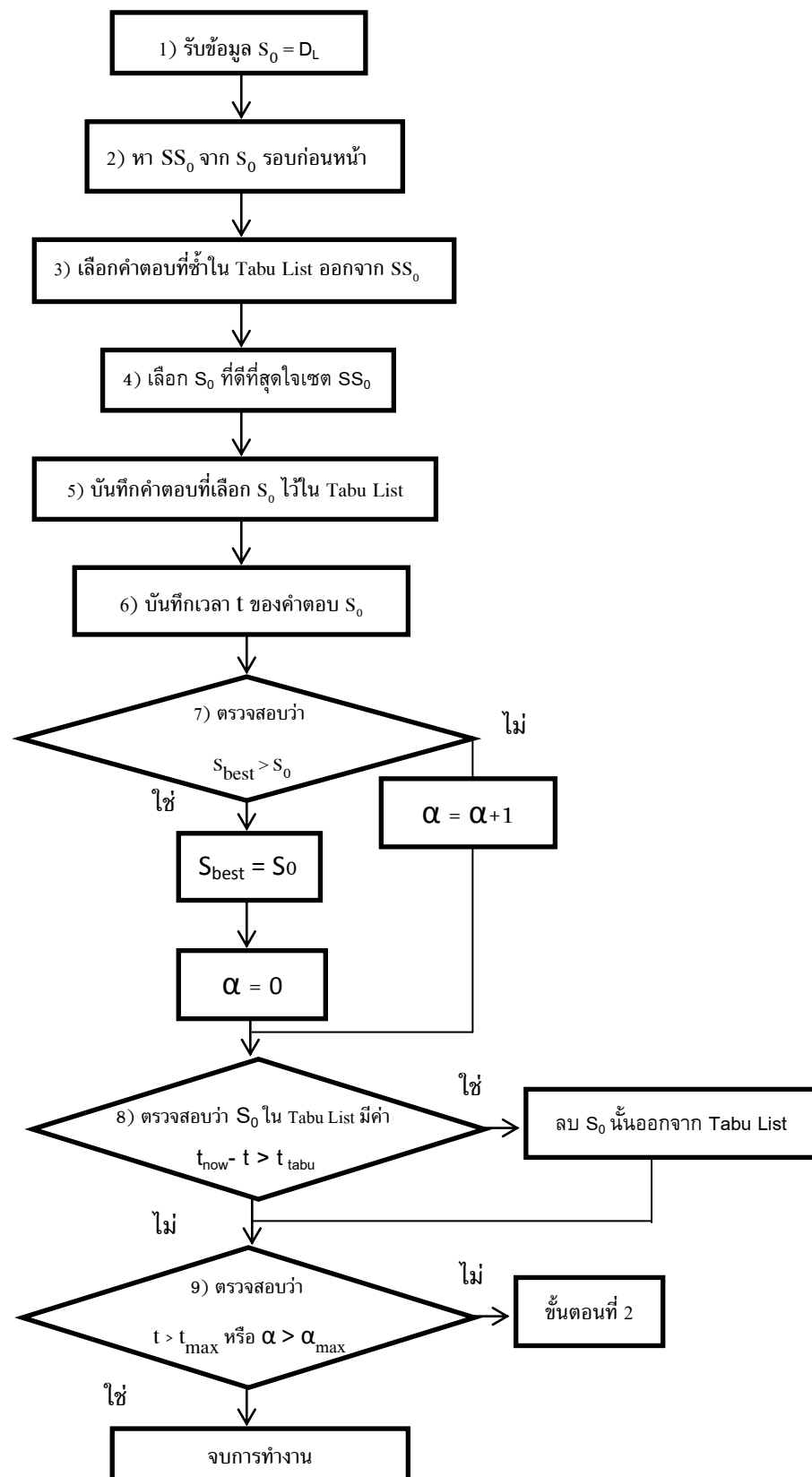
4.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของวิธีทาบูลีเซิร์ช (Tabu search)

ขั้นตอนการทำงานของวิธีทาบูลีเซิร์ชเพื่อปรับปรุงคำตอบตั้งต้นของการจัดสรรกลุ่มแรงงานโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งในการดำเนินการของวิธีทาบูลีเซิร์ชได้กำหนดสัญลักษณ์และวิธีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 5.12 สัญลักษณ์ ตัวแปรและความหมายในการพัฒนาเมตธีวริสติกส์อัลกอริทึม

ตัวแปร	ความหมาย
t	จำนวนรอบของการค้นหารูปแบบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละแปลงของกลุ่มโคเวตาแรงงาน
t_{max}	จำนวนรอบสูงสุดสำหรับการค้นหารูปแบบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละแปลงของกลุ่มโคเวตาแรงงาน
S_0	คือ คำตอบข้างเคียงเนบะฮะฮุด (Neighborhood Solution) หรือรูปแบบการจัดสรรที่เกิดขึ้นจากการสลับแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ได้ถูกจัดสรรให้โคเวตาเดิมกับโคเวตาอื่นๆ
SS_0	เซตของรูปแบบการจัดสรรแรงงานการเก็บเกี่ยวอ้อยที่เป็นไปได้ที่เป็นคำตอบข้างเคียงเนบะฮะฮุด (Neighborhood Solution)
S_{best}	รูปแบบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละแปลงของกลุ่มโคเวตาแรงงานที่ให้ผลดีที่สุดกว่ารูปแบบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยข้างเคียงเนบะฮะฮุด (Neighborhood Solution) อื่นๆ
Tabu list	คือ เซตของรูปแบบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยที่อยู่ในสถานะห้ามไม่ให้ถูกพิจารณา
t_{tabu}	คือ เวลาที่คำตอบข้างเคียงเนบะฮะฮุด (Neighborhood Solution) อยู่ในสถานะต้องห้าม
t_{now}	คือ เวลารอบในการคำนวณหารูปแบบการจัดสรรการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละแปลงของกลุ่มโคเวตาแรงงานรอบปัจจุบัน
α	คือ จำนวนรอบการคำนวณแล้วไม่ได้คำตอบที่ดีขึ้นติดต่อกัน
α_{max}	คือ จำนวนรอบที่ยอมให้มีการคำนวณแล้วไม่ได้คำตอบที่ดีขึ้นติดต่อกันสูงสุด

- (1) รับข้อมูล $S_0 = D_L$ จากวิธีวริสติกส์ Initial Solution (จากตารางที่ 5.9)
- (2) หา SS_0 จาก S_0 รอบก่อนหน้า
- (3) นำคำตอบที่ซ้ำใน Tabu List ออกจาก SS_0
- (4) เลือก S_0 ที่ดีที่สุดจากเซต SS_0
- (5) บันทึกคำตอบที่เลือก S_0 ไว้ใน Tabu List
- (6) บันทึกเวลา t ของคำตอบ S_0
- (7) ถ้า $S_{best} > S_0$ หรือไม่ ถ้าใช่จะได้ว่า $S_{best} = S_0$ และ $\alpha = 0$ แต่ถ้าไม่ให้ $\alpha = \alpha + 1$
- (8) ตรวจสอบว่าสถานะคำตอบใน Tabu List ถ้า S_0 นั้นมีค่า $t_{now} - t > t_{tabu}$ ให้ลบ S_0 นั้นออกจาก Tabu List
- (9) ถ้า $t > t_{max}$ หรือไม่ ถ้าใช่ให้ยุติการค้นหา แล้วเลือกเอาคำตอบที่ดีที่สุดในการค้นหาเป็นคำตอบ แต่ถ้าไม่ ให้กลับไปเริ่มที่ขั้นตอนที่ (2)



รูปที่ 5.11 แผนผังขั้นตอนการทำงานของวิธีทาบูเสิร์ช

4.3 ตัวอย่างการดำเนินงานของวิธีทาบูลูเซิร์ช(Tabu Search)

จากการพัฒนาเมตธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมโดยประยุกต์วิธีทาบูลูเซิร์ชเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตาเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งคำตอบตั้งต้นที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมจากข้อ 3.2 และนำมาปรับปรุงคำตอบให้ได้ขึ้นด้วยหลักทาบูลูเซิร์ช ซึ่งจะแสดงวิธีการคำนวณโดยทดสอบในโจทย์ขนาดเล็กที่ได้ทำการสมมติขึ้นมาโดยขนาดแปลงเพาะปลูกอ้อยจะพิจารณาที่ 12 แปลงและจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาต่างๆจำนวน 5 กลุ่มโควตาแรงงาน โดยฟังก์ชันของแปลงเพาะปลูกอ้อยและฟังก์ชันของกลุ่มแรงงานโควตาได้จากการสุ่มฟังก์ชันใน 2 มิติและทั้งแปลงเพาะปลูกอ้อยจะมีปริมาณและกลุ่มโควตาแรงงานจะมีกำลังการเก็บเกี่ยวเท่าใดก็จะแสดงผลดังตารางที่ 5.13 และ 5.14

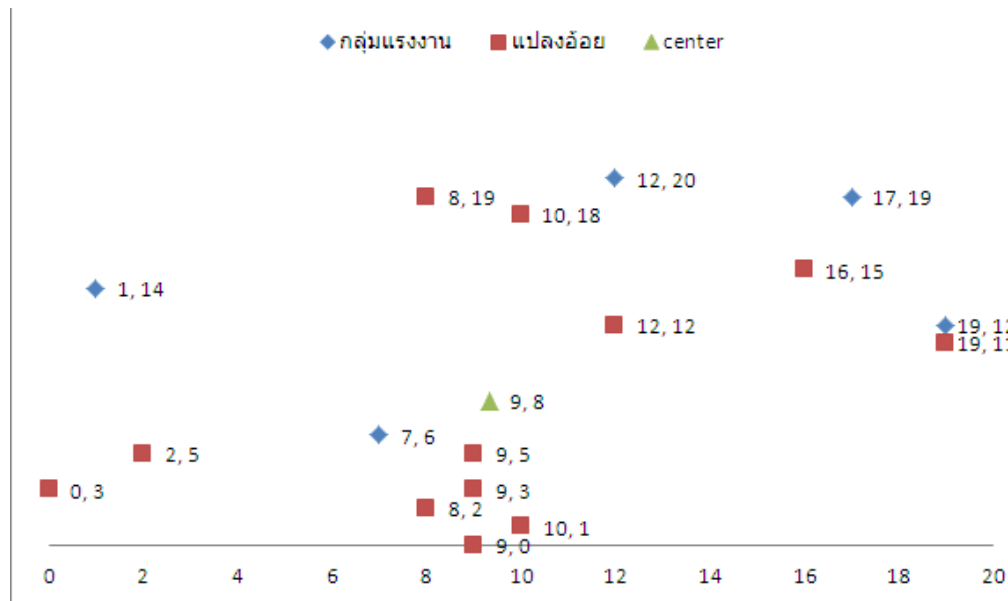
1)ขั้นตอนการป้อนข้อมูล

ตารางที่ 5.13 ข้อมูล ฟังก์ชันกลุ่มแรงงาน

จุดที่	X	Y	กำลังเก็บเกี่ยว(ตัน)
1	19	12	3
2	7	6	2
3	1	14	2
4	12	20	3
5	17	19	2

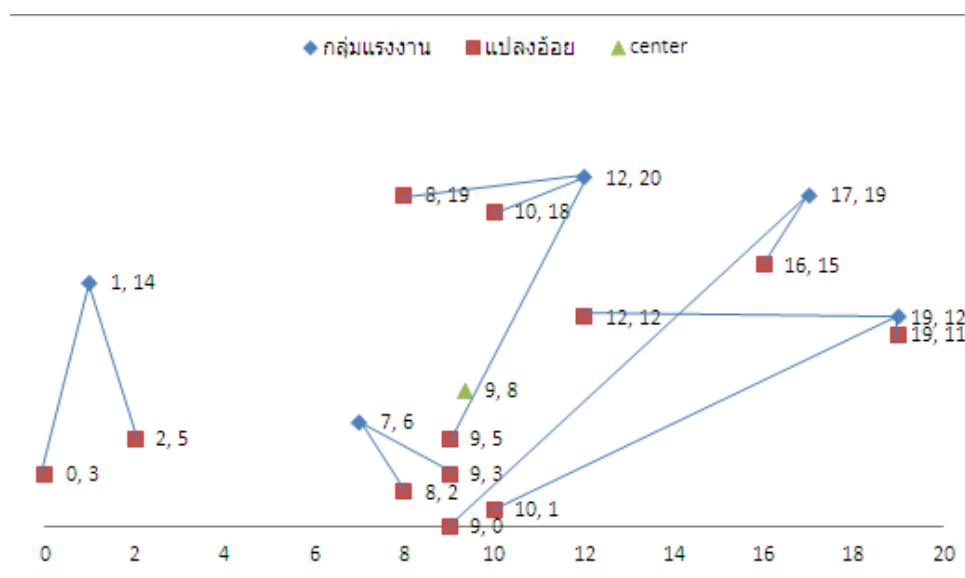
ตารางที่ 5.14 ข้อมูล ฟังก์ชันแปลงอ้อย

จุดที่	x	Y	ปริมาณ(ตัน)
1	12	12	1
2	10	1	1
3	16	15	1
4	8	19	1
5	19	11	1
6	2	5	1
7	9	5	1
8	8	2	1
9	9	3	1
10	0	3	1
11	10	18	1
12	9	0	1



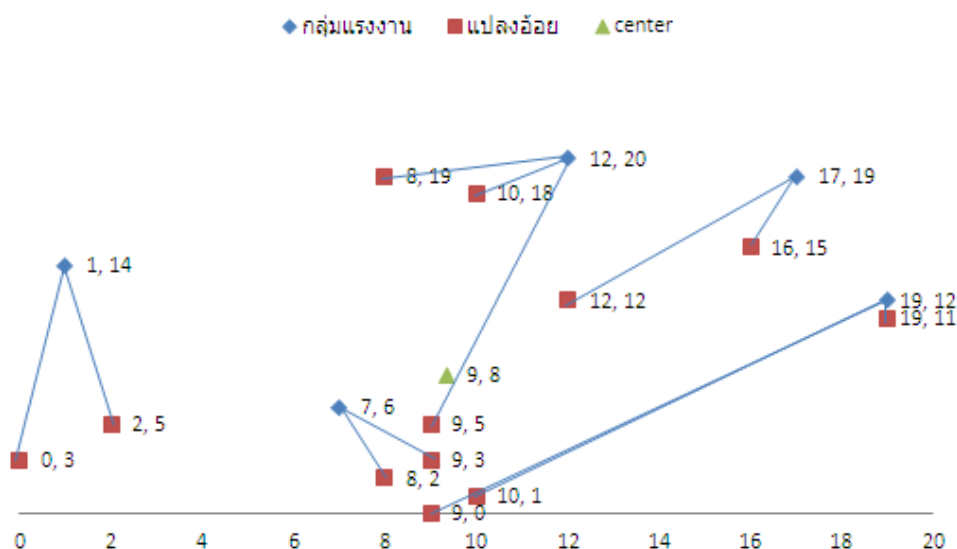
รูปที่ 5.12 จากพิกัดที่ได้แสดงในตารางข้างต้นจะสามารถแสดงตำแหน่งที่ตั้ง

จากโจทย์ข้างต้นเมื่อทำการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้วิธีวิธิตกส์อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้หลักการของ Capacitated Clustering (Barreto et al., 2007) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มแปลงอ้อยด้วยวิธี Minimum Spanning Tree และซึ่งทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานโควตาใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้แปลงเพาะปลูกอ้อยใดบ้างจะได้การจัดสรรดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 แสดงผลการจัดสรรกลุ่มแรงงานที่ได้จากวิธีวิธิตกส์

จากโจทย์ข้างต้นเมื่อทำการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวด้วยใช้เมตริกฮิวริสติกส์ อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้วิธีทาบเส้นเพื่อจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานของโควตาเก็บเกี่ยวอ้อย ซึ่งทำการจัดสรรว่ากลุ่มแรงงานโควตาใดจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยให้แปลงเพาะปลูกอ้อยใดบ้างจะได้การจัดสรรดังรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 แสดงการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวด้วยโดยประยุกต์วิธีทาบเส้น

จากรูปจะเห็นได้ว่าผลการปรับปรุงรูปแบบการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยในกรณีตัวอย่างนี้โดยประยุกต์วิธีทาบเส้นจะทำให้ได้คำตอบที่ดีกว่าการจัดสรรที่ได้จากเมตริกฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมา เนื่องจากค้นหาคำตอบของทาบเส้นที่นำคำตอบตั้งต้นที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นจุดเริ่มต้นในการค้นหาคำตอบของวิธีทาบเส้นนั้นเมื่อนำมาปรับปรุงคำตอบผลจะพบว่าทำให้สามารถค้นหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมส่งผลให้เกิดการลดระยะทางรวมของระยะขนส่งแรงงานไปยังแปลงอ้อย

บทที่ 6

ผลการทดลอง

ปัญหาการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตาเก็บเกี่ยวนั้น เป็นปัญหามหาศาลและมีความซับซ้อนมาก ทำให้ใช้เวลานานมากในการหาคำตอบ ดังนั้นวิธีหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบจึงไม่เหมาะสมกับปัญหาสภาพจริงที่เกิดขึ้น แต่ในปัญหามหาศาลจะสามารถหาคำตอบโดยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้เวลาที่ไม่นานมากนัก ผู้วิจัยจึงนำผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ประเมินประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้จากวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นมาได้ แต่ในปัญหามหาศาลซึ่งตรงกับสภาพปัญหาจริงที่เกิดขึ้นทางผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึม กับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริงและวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นมากับเมตะวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมซึ่งในส่วนของกรอบการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึม วิธีเมตะวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึม และตรวจสอบว่าปัจจัยต่างๆได้มีผลกระทบต่อระยะทางรวมจากการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตาเก็บเกี่ยวในการออกแบบการทดลอง

6.1 การทดสอบความแตกต่างของรูปแบบทางคณิตศาสตร์วิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมและเมตะวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมกับสถานการณ์จริงในการเก็บเกี่ยวอ้อย

เนื่องจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีข้อจำกัดในเรื่องของการคำนวณหาคำตอบในปัญหาใหญ่ที่มีจำนวนตัวแปรมากทำให้เวลาในการหาคำตอบต้องใช้เวลาอย่างมาก ดังนั้นในการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์จะได้ดีและสะดวกในเรื่องของเวลาสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็กเท่านั้น ส่วนในปัญหาที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้วิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมมาคำนวณหาคำตอบแทนเพราะสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และในการศึกษาเรื่องการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นเป็นปัญหามหาศาลและต้องใช้เวลาในการคำนวณที่นาน ดังนั้นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้จะนำมาทดสอบกับสถานการณ์จริงในการจัดสรรแปลงเพาะปลูกเพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยว่าการจัดสรรในปัจจุบันนี้แตกต่างกันจากคำตอบที่เหมาะสมเท่าใดสำหรับเงื่อนไขที่เหมือนกันและขนาดเป็นปัญหาที่เล็กซึ่งปัญหาที่มีกลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยว 5 กลุ่มโดยมีแปลงเพาะปลูกอ้อยทั้งหมด 12 แปลง

การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่นที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว การเปรียบเทียบกับผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งในหัวข้อนี้ได้ทำการเปรียบเทียบระยะทางรวมจากการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตาเก็บเกี่ยวอ้อย โดยเงื่อนไขของวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึม เมตะวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมและรูปแบบทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบกับสถานการณ์จริงในการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยเพื่อการเก็บเกี่ยว ซึ่งได้ทำการกำหนดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยมีวัตถุประสงค์ให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยทดลองทั้งหมด 10 ตัวอย่าง โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้จะมีฟังก์ชันของแปลงอ้อยและกลุ่มโควตาแรงงานรวมไปถึงปริมาณอ้อยและกำลังการเก็บเกี่ยวของแต่ละกลุ่มโควตา จากนั้นจะแสดงผลการทดลองแล้วนำผลที่ได้ทำการเปรียบเทียบ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึม และ เมตะวิธีวิฤติศาสตร์อัลกอริทึมดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ร้อยละความแตกต่างของระยะทางรวมสถานการณ์จริงในการเก็บเกี่ยวอ้อยกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์
วิธีอีวิริสติกส์อัลกอริทึม และเมตะอีวิริสติกส์อัลกอริทึม

การ ทดลอง ที่	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)				% ความแตกต่างจากสถานการณ์จริง		
	สถานการณ์ การเก็บเกี่ยว จริง	รูปแบบทาง คณิตศาสตร์	อีวิริสติกส์	เมตะอี วิริสติกส์	รูปแบบทาง คณิตศาสตร์	อีวิริสติกส์	เมตะ อีวิริสติกส์
1	88.94	74.88	77.68	75.97	15.81	12.66	14.59
2	121.16	93.64	97.03	94.94	22.72	19.92	21.64
3	93.20	69.57	69.57	69.57	25.35	25.35	25.35
4	89.91	66.63	66.63	66.63	25.89	25.89	25.89
5	86.43	63.08	68.12	68.12	27.02	21.18	21.18
6	112.55	64.93	64.93	64.93	42.31	42.31	42.31
7	46.79	29.34	29.34	29.34	37.29	37.29	37.29
8	42.41	25.20	25.20	25.20	40.60	40.60	40.60
9	174.40	72.02	78.12	78.12	58.70	55.21	55.21
10	108.32	92.81	97.51	96.26	14.32	9.99	11.14
					Minimum	15.81	12.66
					Maximum	58.70	55.21
					Average	31.00	29.04

จากตารางข้างต้นจะเป็นการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของระยะทางรวมในการเก็บเกี่ยวระหว่าง
สถานการณ์เก็บเกี่ยวอ้อยจริงกับ วิธีอีวิริสติกส์อัลกอริทึม เมตะอีวิริสติกส์อัลกอริทึมและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่ง
จะสามารถคำนวณค่าต่างๆได้ดังต่อไปนี้

การคำนวณร้อยละความแตกต่างของระยะทางรวมระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์และสถานการณ์เก็บเกี่ยวอ้อย
จริงได้จากสมการ

$$\text{Different Rate of Real Case} = \frac{\text{Real case solution} - \text{Mathematical solution}}{\text{Real case solution}} * 100$$

การคำนวณร้อยละความแตกต่างของระยะทางรวมระหว่างอีวิริสติกส์อัลกอริทึมและสถานการณ์เก็บเกี่ยวอ้อย
จริงได้จากสมการ

$$\text{Different Rate of Real Case} = \frac{\text{Real case solution} - \text{Heuristic algorithm}}{\text{Real case solution}} * 100$$

การคำนวณร้อยละความแตกต่างของระยะทางรวมระหว่างเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมและสถานการณ์เก็บเกี่ยวอ้อยจริงได้จากสมการ

$$\text{Different Rate of Real Case} = \frac{\text{Real case solution} - \text{Meta heuristic algorithm}}{\text{Real case solution}} * 100$$

พบว่าการเปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยสมการรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมและวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมโดยเปรียบเทียบกับสถานการณ์ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจริง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละความแตกต่างของต้นทุนรวมเท่ากับ 31.00, 29.04, 29.52 ตามลำดับโดยมีร้อยละความแตกต่างของต้นทุนรวมต่ำสุดเท่ากับ 15.81, 12.66, 14.59 ตามลำดับ เนื่องจากสมการรูปแบบทางคณิตศาสตร์มีข้อจำกัดของเงื่อนไขและขีดความสามารถของโปรแกรมที่อยู่จำกัด ดังนั้นใช้วิธีขั้นตอนของสถานการณ์จริงเปรียบเทียบกับสมการรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมและเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึม เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเท่าใดจากวิธีขั้นตอนของสถานการณ์จริง และเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลแบบ Pair Simple T-test ซึ่งจะเปรียบเทียบ 5 คู่ของผลที่ได้ คือ 1) คู่ระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ 2) คู่ระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม 3) คู่ระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึม 4) คู่ระหว่างผลที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมและสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึม ซึ่งการทดสอบจะใช้โปรแกรมทดสอบทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 17.0 ซึ่งผลการทดลองจากโปรแกรมแสดงในภาคผนวก

สำหรับผลการวิเคราะห์ผลแบบ Pair Simple T-test (แสดงผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ค.)จะได้ว่า 3 คู่แรก คือ 1) คู่ระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ 2) คู่ระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม 3) คู่ระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึม จะได้ผลรวมของระยะทางที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่านัยความสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีเท่ากับ 0.005 0.006 และ 0.005 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า P-Value ที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการปรับปรุงรูปแบบการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานในแต่ละโควตาเพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยจะทำให้เกิดการระยะทางรวมของการขนส่งแรงงานที่ลดลงทำให้ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงได้จริงอย่างมีนัยทางสถิติ ส่วน 2 คู่สุดท้าย คือ คู่ระหว่างผลที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมและวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึม จะได้ผลรวมของระยะทางที่ใกล้เคียงกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่านัยสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าเท่ากับ 0.021 และ 0.046 ตามลำดับซึ่งค่าใกล้เคียงกับค่า P-Value ที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์และเมตะฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์

6.2 การออกแบบการทดลองของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

การออกแบบการทดลองของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมของการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานแต่ละโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นวิธีที่ใช้ในการทดสอบดัชนีการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริงเพื่อดูว่าสามารถปรับปรุงคำตอบได้กี่เปอร์เซ็นต์และปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุงคำตอบสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นจะทำการเปรียบเทียบกับฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเพื่อดูว่าสามารถปรับปรุงคำตอบจากเดิมได้กี่เปอร์เซ็นต์และปัจจัยใดที่มีผลต่อการปรับปรุง

คำตอบ ซึ่งจะศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลเฉลยหรือประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมนำมาพิจารณาในการออกแบบการทดลองนี้

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ซึ่งในการทดลองคอมบินชันมีจำนวน 10 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดของการออกแบบทดลอง ดังต่อไปนี้

6.2.1 ปัจจัย (Factors) ที่พิจารณาในการทดลอง

ปัจจัยที่พิจารณาในการทดลองนี้ มีทั้งหมด 2 ปัจจัย ($k=2$) ได้แก่

1. จำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อย โดยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ
 - (1) ระดับต่ำ (Low Level) คือ จำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ 60 กลุ่ม
 - (2) ระดับสูง (High Level) คือ จำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ 90 กลุ่ม
2. จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยโดยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ
 - (1) ระดับต่ำ (Low Level) คือ จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 30 แปลง
 - (2) ระดับสูง (High Level) คือ จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 60 แปลง

6.2.2 ผลตอบสนอง (Response)

ผลตอบสนองสำหรับงานวิจัยมี 2 กรณีดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลเฉลยเริ่มต้นที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้น เพื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง โดยผลตอบสนองที่สนใจคือ ดัชนีการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมในส่วนของระยะทางรวมในการขนส่งแรงงานเพื่อเก็บเกี่ยวอ้อย
2. การเปรียบเทียบผลเฉลยเริ่มต้นที่ได้จากเมตาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้น เพื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้น ซึ่งเมตาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมจะนำรูปแบบการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโคตาที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมาเป็นคำตอบตั้งต้นเพื่อทำการปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นเรื่อยๆ โดยผลตอบสนองที่สนใจคือ ร้อยละความแตกต่างของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมในส่วนของระยะทางรวมในการขนส่งแรงงานเพื่อเก็บเกี่ยวอ้อย

6.2.3 การทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ

การทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณเพื่อทดสอบแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลตอบสนองในการทดลอง โดยวิธีการทดสอบแบบ Least-Significant Different (LSD)

6.2.4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของตัวอย่างปัญหาที่กำหนดขึ้นในการป้อนเข้าข้อมูลที่ใช้ในฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อทดสอบผลตอบสนอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ปริมาณของแปลงเพาะปลูกอ้อยต่างๆที่อยู่ในพื้นที่ที่พิจารณา โดยสามารถแบ่งเป็นรายละเอียดดังนี้ คือ
 - (1) ระดับปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกที่ร้อยละ 60 ของปริมาณแปลงอ้อยทั้งหมดจะมีปริมาณอ้อยพร้อมเก็บเกี่ยว คือ มีปริมาณอ้อยเท่ากับ UNIF (1,20) ตัน
 - (2) ระดับปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกที่ร้อยละ 40 ของปริมาณแปลงอ้อยทั้งหมดจะมีปริมาณอ้อยพร้อมเก็บเกี่ยว คือ มีปริมาณอ้อยเท่ากับ UNIF (21,100) ตัน
2. กำลังการเก็บเกี่ยวของกลุ่มแรงงานในโคตาต่างๆที่อยู่ในพื้นที่ที่พิจารณา โดยสามารถแบ่งเป็นรายละเอียดดังนี้ คือ
 - (1) กำลังการเก็บเกี่ยวของกลุ่มแรงงานในโคตาต่างๆที่อยู่ในพื้นที่ที่พิจารณาจะมีกำลังการเก็บเกี่ยวอ้อย คือ มีแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ UNIF (10,20) คน ซึ่งประมาณการคร่าวๆเพื่อหา กำลังการเก็บเกี่ยวต่อคนต่อวันแล้วจะได้ว่า

แรงงาน 1 คนจะสามารถเก็บเกี่ยวอ้อย = 2 ตัน/คน

ทำให้สามารถคำนวณออกมาเป็นปริมาณอ้อยได้ คือ

$$\begin{aligned}\text{กำลังการเก็บเกี่ยวของกลุ่มแรงงาน} &= \text{UNIF (10,20)} \times 2 \\ &= \text{UNIF (20,40) ตัน}\end{aligned}$$

โดยรูปแบบการออกแบบการทดลองเพื่อหาดัชนีการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นเมื่อกำหนดปัจจัยพบว่าการทดสอบ $2 \times 2 = 4$ กรณี ซึ่งในแต่ละกรณีจะใช้ตัวอย่างในการทดลองที่ต่างกันจำนวน 10 ซ้ำ (Replications) โดยเปลี่ยนตัวอย่างภายใต้ตามเงื่อนไขที่กำหนด จึงทำให้ตัวอย่างมีทั้งสิ้น $4 \times 10 = 40$ ตัวอย่าง โดยแสดงการออกแบบการทดลองทั้ง 40 ตัวอย่างดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงการออกแบบการทดลอง 4 กรณี

คอมบินเชัน	จำนวนซ้ำ	ปัจจัย จำนวนกลุ่มแรงงานของ โคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อย		ปัจจัย จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย	
		Low	High	Low	High
		30	60	60	90
1	10	√		√	
2	10	√			√
3	10		√	√	
4	10		√		√

6.3 การเปรียบเทียบการปรับปรุงของสถานการณ์จริงและเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรกลุ่มแรงงานของโคเวตา

การทดลองเพื่อการเปรียบเทียบการปรับปรุงของฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ได้ขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริงและการเปรียบเทียบการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ได้ขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง ซึ่งใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 6.3 โดยการหาการปรับปรุงหาได้จากสมการผลเฉลยดังนี้

% Improvement Rate of Heuristic =

$$\frac{\text{Real case algorithm total distance} - \text{Heuristic total distance}}{\text{Real case algorithm total distance}} * 100$$

% Improvement Rate of Heuristic =

$$\frac{\text{Real case algorithm total distance} - \text{Meta heuristic total distance}}{\text{Real case algorithm total distance}} * 100$$

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองจากการหาคำตอบการปรับปรุงของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมากับขั้นตอนวิธีของ
สถานการณ์จริง

ตัวอย่างที่	ปัจจัย จำนวน กลุ่มแรงงานของ โควตาสำหรับเก็บ เกี่ยวอ้อย	ปัจจัย จำนวนแปลง เพาะปลูกอ้อย	ระยะทางโดยรวม (กิโลเมตร)		ร้อยละการปรับปรุงจาก ขั้นตอนวิธีสถานการณ์ จริง
			ขั้นตอนวิธี สถานการณ์ จริง	อีวิริสติกส์ อัลกอริทึม	
1	L	L	349.63	189.37	45.84
2	L	L	269.34	149.76	44.40
3	L	L	282.29	161.79	42.69
4	L	L	369.57	193.36	47.68
5	L	L	283.66	165.46	41.67
6	L	L	258.89	131.01	49.40
7	L	L	306.26	125.38	59.06
8	L	L	287.00	147.37	48.65
9	L	L	293.72	213.13	27.44
10	L	L	268.87	166.13	38.21
11	L	H	280.16	140.70	49.78
12	L	H	281.57	153.67	45.42
13	L	H	250.99	167.65	33.21
14	L	H	259.55	185.80	28.42
15	L	H	265.88	168.22	36.73
16	L	H	256.15	155.14	39.43
17	L	H	272.24	125.72	53.82
18	L	H	266.93	142.81	46.50
19	L	H	245.48	162.14	33.95
20	L	H	263.05	131.57	49.98
21	H	L	276.33	64.06	76.82
22	H	L	298.03	74.96	74.85
23	H	L	325.13	72.59	77.67
24	H	L	322.13	71.73	77.73
25	H	L	314.72	68.56	78.22
26	H	L	247.40	70.28	71.59
27	H	L	342.61	66.42	80.61
28	H	L	276.01	63.53	76.98
29	H	L	272.07	64.15	76.42
30	H	L	375.74	73.52	80.43

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองจากการหาคำตอบการปรับปรุงของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมากับขั้นตอนวิธีของ
สถานการณ์จริง (ต่อ)

ตัวอย่าง ที่	ปัจจัย จำนวนกลุ่ม แรงงานของโคเวตา สำหรับเก็บเกี่ยว อ้อย	ปัจจัย จำนวนแปลง เพาะปลูกอ้อย	ระยะทางโดยรวม (กิโลเมตร)		ร้อยละการปรับปรุงจาก ขั้นตอนวิธีสถานการณ์ จริง
			ขั้นตอนวิธี สถานการณ์ จริง	อีวิริสติกส์ อัลกอริทึม	
31	H	H	597.41	312.52	47.69
32	H	H	474.17	208.17	56.10
33	H	H	457.40	158.28	65.40
34	H	H	424.98	165.17	61.13
35	H	H	656.14	202.38	69.16
36	H	H	576.04	325.29	43.53
37	H	H	481.38	186.70	61.22
38	H	H	456.64	184.53	59.59
39	H	H	418.96	140.85	66.38
40	H	H	479.93	174.65	63.61
Minimum			245.48	63.53	27.44
Maximum			656.14	325.29	80.61
Average			342.11	148.11	55.69

จากตารางที่ 6.3 พบว่าการปรับปรุงของของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 55.69 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 27.44 และค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80.61 เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) โดยใช้โปรแกรมทดสอบทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 17.0 ซึ่งผลการทดลองจากโปรแกรมจะแสดงในภาคผนวก

สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าร้อยละการปรับปรุงของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่านัยสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 จากตารางสามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยที่ผลกระทบต่อร้อยละการปรับปรุงของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมากับสถานการณ์จริงคือ ปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยและปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย เมื่อทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ(แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบที่ภาคผนวก ก.)แสดงให้เห็นว่าระดับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อร้อยละการปรับปรุงอีวิริสติกส์อัลกอริทึมอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 43.11 และ 68.26 ตามลำดับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงหรือจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ 60 กลุ่มแรงงานโคเวตา มีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่สูงกว่าปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำหรือจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ 30 กลุ่มแรงงานโดยมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงส่งผลให้ร้อยละการปรับปรุงของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยสูงกว่าจำนวนกลุ่มแรงงาน

ของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำ ดังนั้นการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยขั้นตอนอิวิริสติกส์อัลกอริทึมที่เหมาะสมกับจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงเนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์จริงจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยมาก อาจส่งผลให้อิวิริสติกส์อัลกอริทึมอัลกอริทึมทำการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยเหมาะสม มากกว่าจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยน้อย เพราะเมื่อมีจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยจำนวนมากกระจายอยู่บริเวณแปลงปลูกอ้อยทั้งหมดก็ส่งผลให้อิวิริสติกส์ทำการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานได้ผลรวมระยะทางที่สั้นขึ้นเพราะมีกลุ่มแรงงานกระจายมากก็มีโอกาสให้กลุ่มแรงงานใกล้เคียงมาขึ้นอีกด้วย ซึ่งสามารถลดระยะทางในการขนส่งแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยได้ทำให้ระยะทางรวมของการปรับปรุงของอิวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้มากกว่าสถานการณ์จริง สำหรับส่วนของปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเมื่อทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณแสดงให้เห็นว่าระดับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อร้อยละการปรับปรุงอิวิริสติกส์อัลกอริทึมอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบที่ภาคผนวก ก.) โดยผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 60.82 และ 50.56 ตามลำดับซึ่งระดับจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยระดับต่ำหรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 60 แปลง มีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองการปรับปรุงที่สูงกว่าปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับสูงหรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 90 แปลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยขั้นตอนอิวิริสติกส์อัลกอริทึมที่เหมาะสมกับจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับต่ำหรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 60 แปลง เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์จริงจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยน้อย อาจส่งผลให้อิวิริสติกส์อัลกอริทึมทำการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยเหมาะสม มากกว่าจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยมาก เพราะเมื่อมีแปลงเพาะปลูกอ้อยจำนวนน้อยกระจายอยู่บริเวณแปลงปลูกอ้อยทั้งหมดก็ส่งผลให้อิวิริสติกส์ทำการจัดสรรแปลงอ้อยได้ง่ายเพราะมีตัวเลือกน้อย ซึ่งสามารถลดระยะทางในการขนส่งแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยได้ทำให้ระยะทางรวมของการปรับปรุงของอิวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้มากกว่าสถานการณ์จริง และเมื่อพิจารณารวมกันของปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยกับปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยไม่มีผลกระทบต่อร้อยละความแตกต่างของอิวิริสติกส์อัลกอริทึม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่านัยสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองจากการหาคำตอบการปรับปรุงของอิวิริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมากับเมตริคอิวิริสติกส์อัลกอริทึม

ตัวอย่างที่	ปัจจัย จำนวนกลุ่มแรงงานของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อย	ปัจจัย จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย	ระยะทางโดยรวม (กิโลเมตร)		ร้อยละการปรับปรุงจากอิวิริสติกส์อัลกอริทึม
			อิวิริสติกส์อัลกอริทึม	เมตริคอิวิริสติกส์อัลกอริทึม	
1	L	L	189.37	185.51	2.03
2	L	L	149.76	144.76	3.34
3	L	L	161.79	159.69	1.29
4	L	L	193.36	189.40	2.05
5	L	L	165.46	162.47	1.81
6	L	L	131.01	129.01	1.53
7	L	L	125.38	122.91	1.98
8	L	L	147.37	144.11	2.21
9	L	L	213.13	210.21	1.37
10	L	L	166.13	161.47	2.81

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองจากการหาคำตอบการปรับปรุงของอีวิริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมากับเมตะอีวิริสติกส์อัลกอริทึม (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย จำนวนกลุ่มแรงงาน ของโคเวตาสำหรับเก็บเกี่ยว อ้อย	ปัจจัย จำนวนแปลง เพาะปลูกอ้อย	ระยะทางโดยรวม (กิโลเมตร)		ร้อยละการ ปรับปรุงจาก อีวิริสติกส์ อัลกอริทึม
			อีวิริสติกส์อัลกอริทึม	เมตะอีวิริสติกส์ อัลกอริทึม	
11	L	H	140.70	137.75	2.10
12	L	H	153.67	147.76	3.85
13	L	H	167.65	163.35	2.56
14	L	H	185.80	180.20	3.01
15	L	H	168.22	166.44	1.06
16	L	H	155.14	151.44	2.39
17	L	H	125.72	123.73	1.58
18	L	H	142.81	136.65	4.31
19	L	H	162.14	156.96	3.19
20	L	H	131.57	122.41	6.97
21	H	L	64.06	63.11	1.49
22	H	L	74.96	74.16	1.06
23	H	L	72.59	71.03	2.15
24	H	L	71.73	71.07	0.92
25	H	L	68.56	68.07	0.72
26	H	L	70.28	70.09	0.27
27	H	L	66.42	65.89	0.80
28	H	L	63.53	62.34	1.88
29	H	L	64.15	63.35	1.25
30	H	L	73.52	72.86	0.90
31	H	H	312.52	307.84	1.50
32	H	H	208.17	203.20	2.39
33	H	H	158.28	156.02	1.43
34	H	H	165.17	161.99	1.92
35	H	H	202.38	198.67	1.83
36	H	H	325.29	319.14	1.89
37	H	H	186.70	181.64	2.71
38	H	H	184.53	182.48	1.11
39	H	H	140.85	139.59	0.89
40	H	H	174.65	171.33	1.90
Minimum			63.53	62.34	0.27
Maximum			325.29	319.14	6.97
Average			148.11	145.00	2.01

จากตารางที่ 6.4 พบว่าการปรับปรุงของของเมตะอีวิริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคเวตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.01 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.27 และค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 6.97 นำ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) โดยใช้โปรแกรมทดสอบทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 17.0 ซึ่งผลการทดลองจากโปรแกรมแสดงในภาคผนวก

สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าร้อยละการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่าความสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 จากตารางสามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยที่ผลกระทบต่อร้อยละการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับฮิวริสติกส์อัลกอริทึมคือ ปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยและปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย เมื่อทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณแสดงให้เห็นว่าระดับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อร้อยละการปรับปรุงเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมอย่างมีนัยสำคัญ (แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบที่ภาคผนวก ข.) โดยผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 2.57 และ 1.45 ตามลำดับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำหรือจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ 30 กลุ่มแรงงานโคตา มีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่สูงกว่าปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงหรือจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเท่ากับ 60 กลุ่มแรงงาน โดยมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำส่งผลให้ร้อยละการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยสูงกว่าจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูง ดังนั้นการจัดสรรแรงงานของโคตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยขั้นตอนเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเหมาะกับจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยน้อย อาจส่งผลให้เมตะ ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมอัลกอริทึมทำการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยเหมาะสม มากกว่าจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยมาก เพราะเมื่อมีจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยจำนวนน้อยกระจายอยู่บริเวณแปลงปลูกอ้อยทั้งหมดก็ส่งผลให้ฮิวริสติกส์ทำการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานไม่ซับซ้อนและได้ผลที่ดีแล้วทำให้เวลาปรับปรุงโดยเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมก็มีโอกาสให้สามารถหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ง่ายกว่าแบบจำนวนกลุ่มแรงงานของโคตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยจำนวนมาก ซึ่งจะมีโอกาสในการเกิดการจัดสรรที่มีรูปร่างซับซ้อนทำให้หาคำตอบที่ดีขึ้นได้ยากกว่า ซึ่งสามารถลดระยะทางในการขนส่งแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยได้ทำให้ระยะทางรวมของการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้มากกว่า

ส่วนของปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเมื่อทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณแสดงให้เห็นว่าระดับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อร้อยละการปรับปรุงเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 1.59 และ 2.43 ตามลำดับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (แสดงผลการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ข.) ซึ่งระดับจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยระดับสูงหรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 90 แปลง มีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองการปรับปรุงที่สูงกว่าปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับต่ำหรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 60 แปลงเพาะปลูกอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการจัดสรรแรงงานของโคตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยขั้นตอนเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเหมาะกับจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับสูงหรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยเท่ากับ 90 แปลง เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยมากอาจส่งผลให้เมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมทำการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยเหมาะสมมากกว่าจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่น้อย เพราะเมื่อมีจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยจำนวนมากกระจายอยู่บริเวณแปลงปลูกอ้อยทั้งหมดก็ส่งผลให้เมตะฮิวริสติกส์ทำการปรับปรุงหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ง่ายเพราะมีตัวเลือกในการสลับหาคำตอบที่ดีขึ้นได้มากแล้วทำให้เวลาปรับปรุงโดยเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมก็มีโอกาสให้สามารถหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ง่ายกว่าแบบจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่น้อย ซึ่งตัวเลือกในการสลับหาคำตอบที่ดีขึ้นน้อยกว่าและสามารถลดระยะทางในการขนส่งแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยได้ทำให้ระยะทางรวมของการปรับปรุงของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแรงงานของโคตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้มากกว่าสถานการณ์จริงและเมื่อพิจารณาารวมกันของปัจจัย

จำนวนกลุ่มแรงงานของโควตาสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยกับปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยไม่มีผลกระทบต่อร้อยละความแตกต่างของเมตริกฮิสตริกัลลอริทึม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่านัยความสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา (Research summary)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาในการเก็บเกี่ยวอ้อย เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีผลต่อเศรษฐกิจและอาหารในชีวิตประจำวันและก่อให้เกิดรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ที่เกี่ยวข้องในประเทศอย่างมาก โดยส่วนกระบวนการเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกรที่จะส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานนั้น ชาวไร่มีการวางแผนการเก็บเกี่ยวเพื่อส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลที่สำคัญ คือ จัดเตรียมแรงงาน จ่ายมัดจำแรงงาน จัดเตรียมรถและเครื่องมือการเก็บเกี่ยว ซึ่งลักษณะการเก็บเกี่ยวอ้อยจะแบ่งได้ดังนี้ 1) การตัดอ้อยและการขนอ้อยขึ้นรถด้วยแรงงานคนทั้งหมด 2) การตัดอ้อยด้วยแรงงานคนและขึ้นอ้อยด้วยรถคืบ และ 3) การตัดอ้อยด้วยรถตัด ซึ่งส่วนใหญ่การเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นรูปแบบใช้แรงงานคนเกือบทั้งหมดโดยหัวหน้าโควตาจะทำหน้าที่หาแรงงานและทำการจัดสรรแรงงานเพื่อที่จะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยของลูกไร่แต่ละคนให้ได้ปริมาณอ้อยที่เพียงพอที่จะส่งให้แก่โรงงานตามสัญญาต้นที่ได้ทำไว้กับโรงงาน โดยแรงงานที่ใช้จะเป็นลูกไร่ที่สังกัดอยู่กับหัวหน้าโควตาที่อาจจะเป็นทั้งแรงงานท้องถิ่นและแรงงานจากแหล่งอื่น แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีจำนวนแรงงานลดลงส่งผลให้เกิดการขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยทำให้ชาวไร่อ้อยมีค่าใช้จ่ายด้านแรงงานเพิ่มขึ้นทั้งด้านการจ่ายค่าแรงงานล่วงหน้าเพื่อเป็นการมัดจำ การติดตามผลแรงงาน ค่าขนส่งแรงงาน ค่าที่พักและสวัสดิการต่าง ๆ และยังเกิดปัญหาแรงงานผิดสัญญาไม่มาตัดอ้อยตามที่ตกลงกันไว้ ทำให้ชาวไร่ต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นการเก็บเกี่ยวอ้อยได้ในปริมาณที่พอดีกับกำลังการผลิตของโรงงานผลิตน้ำตาลและในแต่ละกลุ่มแรงงานโควตาต้องเก็บเกี่ยวอ้อยให้ได้พอดีกับกำลังการเก็บเกี่ยวอ้อยของกลุ่มซึ่งจะทำให้กลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าจึงต้องมีการวางแผนที่มีประสิทธิภาพเพื่อรองรับปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีผู้ทำการศึกษาระบบการตัดสินใจเพื่อทำการคัดเลือกแปลงอ้อยและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยให้มีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและให้ได้อ้อยที่มีคุณภาพมากที่สุด ซึ่งหมายถึงจะต้องทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงของวันที่อ้อยให้ผลผลิตน้ำตาลที่สูงสุด แต่ในความเป็นจริง เนื่องจากข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ อย่างเช่น พื้นที่แปลงอ้อยที่น้ำตาลมีผลผลิตสูงสุดไม่สามารถเข้าถึงได้ กำลังการผลิตของโรงงาน รวมทั้งปริมาณแรงงานเก็บเกี่ยวที่มีอยู่อย่างจำกัด

ปัญหาการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อให้ได้ความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและให้ได้อ้อยที่มีคุณภาพมากที่สุดโดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่ของแปลงอ้อยทางผู้วิจัยได้พัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อมาแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงปัจจัยดังที่กล่าวมาข้างต้นและปัญหาการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยให้ได้ค่าเหมาะสมที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ใช้โปรแกรมแบบผสมจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Mixed-Integer Linear Programming) เพื่อจำลองปัญหาการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย แต่เนื่องจากปัญหสถานการณ์จริงมีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน แต่รูปแบบทางคณิตศาสตร์สามารถแก้ไขปัญหานั้นได้ขนาดเล็ก โดยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ คือ กลุ่มแรงงานโควตาจำนวน 5 กลุ่ม และจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยจำนวน 12 แปลง ซึ่งไม่ครอบคลุมกับขนาดของโจทย์ปัญหาจริงที่จำนวนกลุ่มแรงงานและจำนวนแปลงที่มีจำนวนมากจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมขึ้นมาเพื่อจัดแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเป็น 2 ส่วนคือ 1.ส่วนที่เป็นฮิวริสติกส์สำหรับการหาแปลงเก็บเกี่ยวโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลงและ 2. คือการพัฒนาฮิวริสติกส์สำหรับการจัดสรรกลุ่มแรงงานโควตาสำหรับการเก็บเกี่ยวซึ่งสามารถแบ่งระยะ คือ ระยะที่ 1 ทำการพัฒนาฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรกลุ่มแรงงานของโควตาเป็นคำตอบตั้งต้น (Initial Solution Heuristic Algorithm) ส่วนระยะที่ 2 เป็นการปรับปรุงคำตอบเริ่มต้นที่ได้จากระยะที่ 1 ด้วยวิธีการทาง

เมตะฮิวริสติกส์ที่เรียกว่าทาบูเสิร์ช (Tabu Search) และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสถานการณ์จริงของการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยเก็บเกี่ยว โดยที่ฮิวริสติกส์สำหรับการหาแปลงเก็บเกี่ยวโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลงจะเป็นฮิวริสติกส์ที่คัดเลือกแปลงอ้อยที่จะมาเก็บเกี่ยวว่าควรเก็บเกี่ยวใน Period ไດจึงจะเหมาะสมที่สุดโดยจะเลือกแปลงอ้อยบางส่วนจากทั้งหมดให้มีปริมาณอ้อยเพียงพอกับความต้องการของโรงงานผลิต จากนั้นก็ทำการพิจารณาจัดสรรโควตาแรงงานสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเพื่อจัดสรรกลุ่มโควตาแรงงานสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลงอ้อยที่ถูกเลือกจากฮิวริสติกส์สำหรับการหาแปลงเก็บเกี่ยวโดยคำนึงถึงการเข้าถึงได้ของแปลง

ปัญหาการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาเพื่อเก็บเกี่ยวเป็นปัญหามหาศาลและมีความซับซ้อนมากทำให้ไม่ควรถูกมองหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพราะใช้เวลานานในการค้นหาคำตอบ ดังนั้นจึงต้องทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์และฮิวริสติกส์ในปัญหาเล็กๆ เพื่อดูว่าแนวโน้มว่าเมื่อทำการปรับปรุงด้วยรูปแบบต่างๆไม่ว่าจะเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์หรือฮิวริสติกส์นั้นมีแนวโน้มที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยทางสถานการณ์จัดสรรแปลงอ้อยจริงได้หรือไม่ โดยเปรียบเทียบได้ใช้วิธี Pair Simple T-test เพื่อมาวิเคราะห์ผล ซึ่งจะเปรียบเทียบ 5 คู่ของคำตอบที่ได้ โดยการพิจารณา 3 คู่แรก คือ คู่การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากสถานการณ์เก็บเกี่ยวจริงกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม และวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการปรับปรุงรูปแบบการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานในแต่ละโควตาเพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม และวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมจะทำให้เกิดการระดมรวมของการขนส่งแรงงานที่ลดลงทำให้ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงได้จริงอย่างมีนัยทางสถิติ ส่วน 2 คู่สุดท้ายในการพิจารณา คือ คู่ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์กับวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึม และวิธีเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมจะแสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์และเมตะฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ สำหรับในขนาดของปัญหามหาศาลได้ทำการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงระยะทางรวมขนส่งแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยที่ได้จาก 2 คู่ คือ 1) เปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์จริงของการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานเก็บเกี่ยวกับการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาโดยวิธีทางฮิวริสติกส์ที่ถูกพัฒนาขึ้น 2) เปรียบเทียบระหว่างการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาโดยวิธีทางฮิวริสติกส์ที่ถูกพัฒนาขึ้นกับเมตะฮิวริสติกส์ที่นำมาปรับปรุงคำตอบให้เข้าใกล้คำตอบที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัยที่พิจารณาคือ จำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยและจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่พร้อมเก็บเกี่ยว ซึ่งแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ ทำการทดลอง 10 ครั้งและจะมีตัวอย่างทั้งสิ้น 40 ตัวอย่าง พบว่าการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวกับสถานการณ์จริงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 59.69 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 27.44 และค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 80.61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ผลกระทบต่อการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับสถานการณ์จริงคือปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยและปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่พร้อมเก็บเกี่ยว โดยปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงจะมีค่าเฉลี่ยของผลการตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำ ส่วนปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับต่ำจะมีค่าเฉลี่ยของผลการตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับสูง สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างการจัดสรรแปลงอ้อยให้กลุ่มแรงงานโควตาโดยวิธีทางฮิวริสติกส์ที่ถูกพัฒนาขึ้นกับเมตะฮิวริสติกส์ที่นำมาปรับปรุงคำตอบโดยทำการพิจารณาปัจจัย 2 ปัจจัยและทำการทดลองเท่ากับจำนวนตัวอย่างในกรณีการเปรียบเทียบฮิวริสติกส์กับสถานการณ์จริง ซึ่งผลที่ได้เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่าไม่มีผลทั้ง 2 ปัจจัย โดยปัจจัยจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับต่ำจะมีค่าเฉลี่ยของผลการตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูง ส่วนปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับสูงจะมีค่าเฉลี่ยของผลการตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับต่ำ โดยค่าเฉลี่ยของการปรับปรุงระยะทางรวมที่ได้จากเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมเทียบกับฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาขึ้นเท่ากับร้อยละ 2.01 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.27 และค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 6.97 สำหรับการพิจารณารวมทั้ง 2 ปัจจัยจะ

พบว่าปัจจัยที่พิจารณาคือ จำนวนกลุ่มแรงงานโควตาเก็บเกี่ยวอ้อยและจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยไม่มีผลกระทบต่อร้อยละความแตกต่างของอีวิริสติกส์อัลกอริทึม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่านัยสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 จากผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดสรรแรงงานการเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต (Recommendation)

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาปัญหาการจัดตารางแผนจัดสรรแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย

1. ใช้วิธีการค้นหาคำตอบ (Search Method) เพื่อพัฒนาอีวิริสติกส์อัลกอริทึมให้คำตอบให้ดีขึ้น ซึ่งอาจใช้การพัฒนาอีวิริสติกส์อัลกอริทึมโดยใช้หลักการอื่นนอกเหนือจากที่ได้ศึกษาซึ่งอาจใช้วิธีเมตาอีวิริสติกส์หรือหลักทฤษฎีอัลกอริทึมอื่นๆมาประยุกต์เพื่อหาคำตอบให้ได้มีประสิทธิภาพกว่าอีวิริสติกส์ในงานวิจัยนี้ ยกตัวอย่างเช่น วิธีเจเนติกส์อัลกอริทึม (Genetic Algorithm) หรือ วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony) เป็นต้น

2. อีวิริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดต่างจากสถานการณ์จริงในส่วนของการพิจารณาค่าจ้างแรงงานเก็บเกี่ยว ซึ่งมีหลายลักษณะได้แก่ การจ่ายผลตอบแทนการเก็บเกี่ยวแทนแบบเหมาไร่ แบบเป็นมัดอ้อย หรือจ่ายเหมาเป็นวัน ซึ่งต้องทำการสำรวจอีกว่าการจ่ายผลตอบแทนแต่ละแบบนั้นมีสัดส่วนเท่าใด และในเรื่องการพิจารณาการขนส่งแรงงานจะพิจารณาแค่ระยะการขนส่งจากกลุ่มโควตาแรงงานไปแปลงอ้อยเท่านั้นแต่ยังขาดการพิจารณาการขนส่งจากแปลงอ้อยไปยังโรงงานผลิตน้ำตาลดังนั้นงานวิจัยในอนาคตอาจเพิ่มประเด็นข้างต้นเพื่อให้การจัดสรรแปลงเพาะปลูกอ้อยให้กลุ่มโควตาแรงงานมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับเงื่อนไขสถานการณ์จริงมากขึ้น

3. งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยคำนวณขั้นตอนวิธีอีวิริสติกส์เพื่อช่วยลดในเรื่องของเวลาการคำนวณ แต่โปรแกรมภาษา MATLAB มีความเร็วในการอ่านภาษาที่น้อยกว่าภาษาอื่นๆ เช่น C, JAVA เป็นต้น ซึ่งในอนาคตอาจทำคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ที่ใช้ภาษาที่ทำให้การคำนวณเร็วกว่าเดิมเพื่อการประมวลผลการจัดตารางการผลิตให้มีความรวดเร็วมากขึ้นและรวมไปถึงการพัฒนา User Interface สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลป้อนเข้ากับผู้ใช้ให้มีความสะดวกในการป้อนข้อมูลเพื่อเป็น Decision Support เพื่อช่วยในการตัดสินใจต่อไป

4. สามารถนำอัลกอริทึมของการจัดตารางการผลิตนำไปประยุกต์กับพืชเกษตรอื่นที่มีลักษณะปัญหาคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้ ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาการ Clustering อื่นๆที่ต้องการ Minimize ระยะทางและจุด Clustering ที่ต้องรู้ตำแหน่งแน่นอน เป็นต้น แต่อาจต้องปรับเปลี่ยนเงื่อนไขให้เหมาะสมโดยสามารถปรับเปลี่ยนขั้นตอนการหาผลเฉลยอีวิริสติกส์อัลกอริทึมได้ตามเหมาะสม กับปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล.(2552/2553). รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายฉบับปิดทึบ ประจำปีการผลิต 2552/2553ฉบับปิดทึบ.ค้นเมื่อ2 พฤศจิกายน2553,
จาก <http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID=142&SystemModuleKey=production>
- ครองสิทธิ์ ดวงมณี, &กฤต สุวรรณศรี. (2547). การจัดตารางการเพาะปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับกำลังการผลิต. ขอนแก่น.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เชษฐา ชำนาญหล่อ. (2547). การจัดสรรรถบรรทุกอ้อยในเขตพื้นที่เพื่อใช้ในการขนส่งอ้อยจากแปลงปลูกมายังโรงงานน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุดาร์ตน์ สุ่มมาตย์. (2547).การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ. กรุงเทพมหานคร.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2552 ก). มูลค่าสินค้าการเกษตรที่ส่งออกที่สำคัญ ปีการส่งออก พ.ศ. 2552 - 2553 .
ค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2553, จาก http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/exp_topten.php?imex=2
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551ข).มูลค่าสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญ พ.ศ. 2551 – 2552. ค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2553, จากhttp://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=6731&filename=index
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2548 ค). บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. ค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2553, จาก http://www.oae.go.th/download/article/article_20091020093246
- Anderberg, M.R. (1973). Cluster Analysis for Applications, Academic Press, New York.
- Ahmadi, S., Osman, I.H. (2005). Greedy random adaptive memory programming search for the capacitated clustering problem, European Journal of Operational Research, (162), 30-44.
- Barreto, S., Ferreira, C. (2007). Using clustering analysis in a capacitated location-routing problem. European Journal of Operational Research, (179). 968–977.
- Chaves, A.A., Lorena, L.A.N. (2010). Clustering search algorithm for the capacitated centred clustering problem, Computers and Operations Research, (37), 552-558.
- Crainic, T.G., Mancini, S., Perboli G., Tadei, R. (2008). Heuristics for the two-echelon capacitated vehicle routing problem. Publication CIRRELT 2008-46, Université de Montréal, Canada
- Frizzell, P.W & Giffin, J.W. (1995) . The split delivery vehicle scheduling problem with time windows and grid network distances. Computers & Operations Research. (22), 655-667.
- Grunow, M., Gunther, H.-O., Westtinner, R. (2007). Supply optimization for the production of raw sugar. International journal of production economics. (110), 224-239.
- Golden, B.-L., Laporte, G., Taillard E.-D. (1997). An adaptive memory heuristic for a class of vehicle routing problems with minmax objective. Computers & Operations Research, 24 (5), 445-452.
- Gower, J.C., Ross, G .J.S. (1969). Minimum spanning trees and single linkage cluster analysis. Appl. Statistics, (18). 54-64.

- Gower, J.C. (1985). Measures of similarity, dissimilarity and distance, *Encyclopedia of Statistical Sciences* 5, pp. 397–405.
- Higgins, A.J., Muchow, R.C., Rudd, A.V., & Ford, A.W. (1998). Optimizing harvest date in sugar production: A case study for the Mossman mill region in Australia. *Field Crops Research*. (57), 153-162.
- Higgins, A.J. (1999). Optimising cane supply decisions within a sugar mill region. *Journal of Scheduling*. (2), 229-244.
- 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.J. (2006). Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: A case study at an Australian sugar mill. *European Journal of Operational Research*. (170), 987-1000.
- Jardine, N. & R. Sibson. (1968). The construction of hierarchic and non - hierarchic classifications. *Comp. J*. 11 (2), 177-184.
- Jiao, Z., Higgins, A.J., & Prestwidge, D.B. (2005). An integrated statistical and optimization approach to increasing sugar production within a mill region. *Computers and electronics in agriculture*. (48), 170-181.
- Johnson, S. C. (1967). Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika* 32 (3), 241-254.
- Mulvey, J.M., Beck, M.P. (1984). Solving capacitated clustering problems. *European Journal of Operational Research*, (18), 339–348.
- Nabila, A., Gendreau, M., Potvin, J.Y. (2007). An exact algorithm for a single-vehicle routing problem with time windows and multiple routes. *European Journal of Operational Research*, (178), 755-766.
- Negreiros, M.J., Palhano, A.W. (2006). The capacitated centred clustering problem, *Computers and Operations Research*, (33), 1639–1663.
- Salassi, M.E., Breau, J.B., & Naquin, C.J. (2002). Modeling within-season sugarcane growth for optimal harvest system selection. *Agricultural Systems*. (73), 261-278.
- Semenzato, R. (1995). A simulation study of sugar cane harvesting. *Agricultural Systems*. (47), 427-437.
- Steudel, H. J. (1979). Generating Pallet Loading Patterns: A Special Case of the Two-Dimensional Cutting Stock Problem. *Management. Science*. (25), 997-1004.
- Scheuerer, S., Wendolsky, R. (2006). A scatter search heuristic for the capacitated clustering problem. *European Journal of Operational Research*, (169), 533–547.
- Taechasook, P. (2008). Application of genetic algorithm for sugar cane harvesting decision. *Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2008)*.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ภาคผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก ก.

1. การเปรียบเทียบการปรับปรุงของเมตธีวิธีสถิติสัลกอรืทึมกับวิธีสถิติสัลกอรืทึม

ผลลัพธ์ที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยที่ได้จากเมตธีวิธีสถิติสัลกอรืทึมกับวิธีสถิติสัลกอรืทึมที่สร้างขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	20.074 ^a	3	6.691	6.980	.001
Intercept	161.805	1	161.805	168.777	.000
Cluster	12.578	1	12.578	13.120	.001
Individual	6.997	1	6.997	7.299	.010
Cluster * Individual	.500	1	.500	.521	.475
Error	34.513	36	.959		
Total	216.393	40			
Corrected Total	54.587	39			

a. R Squared = .368 (Adjusted R Squared = .315)

ผลลัพธ์ที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ของการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยที่ได้จากเมตธีวิธีสถิติสัลกอรืทึมกับวิธีสถิติสัลกอรืทึมที่สร้างขึ้น

จำนวนกลุ่มแรงงานโควตา

Estimates

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

Cluster	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.572	.219	2.128	3.016
2.00	1.451	.219	1.006	1.895

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

(I) Cluster	(J) Cluster	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	1.121 [*]	.310	.001	.494	1.749
2.00	1.00	-1.121 [*]	.310	.001	-1.749	-.494

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	12.578	1	12.578	13.120	.001
Error	34.513	36	.959		

The F tests the effect of Cluster. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย

Estimates

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

Individual	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.593	.219	1.149	2.037
2.00	2.430	.219	1.985	2.874

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

(I) Individual	(J) Individual	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.837 [*]	.310	.010	-1.464	-.209
2.00	1.00	.837 [*]	.310	.010	.209	1.464

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable:Improve_Intial_Meta

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	6.997	1	6.997	7.299	.010
Error	34.513	36	.959		

The F tests the effect of Individual. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

ภาคผนวก ข.

2. การเปรียบเทียบการปรับปรุงของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง

ผลลัพธ์ที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7935.585 ^a	3	2645.195	49.385	.000
Intercept	124033.883	1	124033.883	2315.665	.000
Cluster	6321.453	1	6321.453	118.019	.000
Individual	1053.805	1	1053.805	19.674	.000
Cluster * Individual	560.327	1	560.327	10.461	.003
Error	1928.267	36	53.563		
Total	133897.735	40			
Corrected Total	9863.852	39			

a. R Squared = .805 (Adjusted R Squared = .788)

ผลลัพธ์ที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ของการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง

จำนวนกลุ่มโควตาแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย

Estimates

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

Cluster	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.00	43.114	1.637	39.795	46.433
2.00	68.257	1.637	64.938	71.575

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

(I) Cluster	(J) Cluster	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-25.143 [*]	2.314	.000	-29.836	-20.449
2.00	1.00	25.143 [*]	2.314	.000	20.449	29.836

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	6321.453	1	6321.453	118.019	.000
Error	1928.267	36	53.563		

The F tests the effect of Cluster. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2.จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อย

Estimates

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

Individual	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.00	60.818	1.637	57.499	64.137
2.00	50.553	1.637	47.234	53.871

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

(I) Individual	(J) Individual	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	10.266 [*]	2.314	.000	5.572	14.959
2.00	1.00	-10.266 [*]	2.314	.000	-14.959	-5.572

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable:Improve_Real_Intial

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	1053.805	1	1053.805	19.674	.000
Error	1928.267	36	53.563		

The F tests the effect of Individual. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

ภาคผนวก ค.

3. การเปรียบเทียบผลที่ได้ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ฮิวริสติกส์อัลกอริทึมและเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง

ผลลัพธ์ที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ Pair Simple T-test ของการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยที่ได้จากฮิวริสติกส์อัลกอริทึมขั้นตอนวิธีของสถานการณ์จริง

Paired Samples Test									
		Paired Differences							
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Real - Math	31.20100	26.78338	8.46965	12.04133	50.36067	3.684	9	.005
Pair 2	Real - Heuristic	28.99800	25.80018	8.15873	10.54167	47.45433	3.554	9	.006
Pair 3	Real - Meta	29.50300	25.54009	8.07648	11.23272	47.77328	3.653	9	.005

4. การเปรียบเทียบผลที่ได้ของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ผลลัพธ์ที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ Pair Simple T-test ของการเปรียบเทียบผลเฉลี่ยที่ได้จากของเมตะฮิวริสติกส์อัลกอริทึมกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	Math - Heuristic	-2.20300	2.48331	.78529	-3.97946	-.42654	-2.805	9	.021
Pair 2	Math - Meta	-1.69800	2.32284	.73455	-3.35966	-.03634	-2.312	9	.046