

โมเดลการตัดสินใจของปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง
สำหรับระบบการจัดการอ้อย



นายสุดที่รัก ป้องแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2566

DECISION MODEL OF JOINT DISTRICTING AND TRANSPORTATION
LOT-SIZING FOR A SUGARCANE MANAGEMENT SYSTEM



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Mechanical
and Process System Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2023

โมเดลการตัดสินใจของปัญหาความร่วมมือแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับ
ระบบการจัดการอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(อ. ดร.ศักดิ์ดา คำจันทร์)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร.กัญชลา สุดตาชาติ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(ผศ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)

กรรมการ




(ผศ. ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน)

กรรมการ



(รศ. ดร.ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ



(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สุดที่รัก ป๋องแก้ว : โมเดลการตัดสินใจของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง
สำหรับระบบการจัดการอ้อย (DECISION MODEL OF JOINT DISTRICTING AND
TRANSPORTATION LOT-SIZING FOR A SUGARCANE MANAGEMENT SYSTEM)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญชลา สุดตาชาติ, 98 หน้า

คำสำคัญ: ปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่/ปัญหาปริมาณการขนส่ง/แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสอง
สเตทส์โตแคสติกส์/เมตาฮิวริสติก/อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว

ปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยจำนวนมาก โรงงานน้ำตาล
ส่วนใหญ่ใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาล โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยขยายตัวอย่าง
รวดเร็ว เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการน้ำตาลและพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เป้าหมายของระบบ
การจัดการอ้อย คือ การได้รับปริมาณอ้อยดิบตามแผนเพาะปลูกและส่งมอบไปโรงงานน้ำตาลให้
ทันเวลาในขณะที่ต้นทุนทั้งหมดน้อยที่สุด การดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในฤดูกาลเพาะปลูก
ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และการขนส่ง ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานอ้อย งานวิจัย
ฉบับนี้ ผู้วิจัยพิจารณาการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกอ้อย โดยแบ่งเขตพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั้งหมดออกเป็น
สองเขตก่อนช่วงฤดูกาลเพาะปลูก คือ พื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม นอกจากนี้ยังตัดสินใจ
เลือกปริมาณการขนส่งระหว่างฤดูกาลเก็บเกี่ยวและการดำเนินการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอนของ
ผลผลิตอ้อย นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาการตัดสินใจเรื่องปริมาณการขนส่งในระหว่างการเก็บ
เกี่ยวและการดำเนินการขนส่ง โดยใช้ความน่าจะเป็นของสถานการณ์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้สร้างสมการ
คณิตศาสตร์ของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งโดยใช้โมเดลสองสเตทส์โตแค
สติกส์สำหรับปัญหาขนาดเล็ก วัตถุประสงค์คือ เพื่อให้ได้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมให้น้อยที่สุด ผู้วิจัยได้
สร้างอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกเพื่อหาผลเฉลยที่ใกล้เคียงผลเฉลยที่ดีที่สุด
สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ของอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริ
สติก ให้ผลเฉลยที่ทำให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำกว่าแบบจำลองแบบแยกปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และ
ปริมาณการขนส่ง คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.06 %

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา.....

สุดที่รัก ป๋องแก้ว
[ลายมือ]

SUTTHIRAK PONGKAEW : DECISION MODEL OF JOINT DISTRICTING AND
TRANSPORTATION LOT-SIZING FOR A SUGARCANE MANAGEMENT SYSTEM.
THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KANCHALA SUDTACHAT, Ph.D., 98 PP.

Keyword: Districting problem/Lot sizing problem/Two-stage stochastic programming
model/Meta-heuristic/Simulated annealing algorithms

Large sugarcane fields exist in the northeast of Thailand. Most sugarcane mills are used as raw materials for the production of sugars. The mills in Thailand have been expanding rapidly due to the increased demand for sugar and expansion of planting areas. The sugarcane management systems aim to receive quantity of sugarcane according to plan and deliver them to production at the mill on time while minimizing the total expected cost. However, poor efficiency of operations in cultivation, harvesting, and transportation can lead to an imbalance between sugarcane supply and demand. In this research, we propose partitioning the sugarcane fields by dividing the entire sugarcane region into two districts, an inside area, and an outside area, before cultivation. In addition, we also make decision for transportation lot sizing decisions during harvesting and transportation operations under the uncertainty of sugarcane yield. We formulated the mathematical model of joint districting and transportation lot sizing problem as a two-stage stochastic programming model for small case problems. The objective is to minimize the expected total cost. We propose the combined simulated annealing algorithm and heuristic to obtain near-optimal solutions for real-world case problems. We compare the efficiency of our model with separated models (SM) of districting and transportation lot sizing. The numerical results show the benefits of our model over the separate model based on average total expected cost with an 11.06 %

School of Manufacturing Engineering
Academic year 2023

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

สัทธกร พงศ์เกษ
คณิศร ชุตินันท์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญชลา สุตตาชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และแนะนำแนวทางอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัย รวมถึงการช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ พร้อมช่วยผลักดัน เป็นกำลังใจ และเป็นแบบอย่างที่ดีต่อผู้วิจัย

อาจารย์ ดร.ศักดิ์ดา คำจันทร์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร ที่ให้เกียรติเป็นประธานในการสอบและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณวนิช บุ่งสุต อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ครู อาจารย์ และผู้สอนทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านวิชาการ การดำเนินชีวิต ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ให้ความรัก กำลังใจ คอยอบรมสอนสั่งอย่างดียิ่งตลอดมา จนทำให้ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จในครั้งนี้

สุดที่รัก ป้องแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ญ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 สมมติฐานของโครงการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	4
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	4

2 บริบทนวัตกรรมการเรียนการสอนและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ.....	7
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.2.1 สองสแตทสโตแคสติกส์โปรแกรมมิง.....	7
2.2.2 อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว.....	9
2.3 บริบทนวัตกรรมการเรียนการสอนและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.3.1 ระบบการจัดการอ้อย.....	11
2.3.2 การแบ่งพื้นที่เขต.....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3	แบบจำลองสโตแคสติกส์.....15
2.3.4	อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว.....16
2.3.5	ปัญหาปริมาณการขนส่ง.....16
3	วิธีการดำเนินการวิจัย
3.1	บทนำ.....18
3.2	สมมติฐานของปัญหา.....20
3.3	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการ ขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย.....23
3.3.1	คำอธิบายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....23
3.3.2	พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง.....26
3.3.3	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....28
3.4	การพัฒนาอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก.....33
3.4.1	การสร้างคำตอบเริ่มต้น.....36
3.4.2	การปรับปรุงคำตอบ.....41
3.5	การสร้างแบบจำลองแบบแยกปัญหา.....46
3.5.1	ออกแบบแบบจำลองแบบแยกของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่.....46
3.5.2	ออกแบบแบบจำลองแบบแยกของปัญหาปริมาณการขนส่ง.....47
3.6	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....48
3.6.1	ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิจัย.....48
3.6.2	ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิจัย.....48
3.7	การพัฒนาแบบจำลองปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณขนส่ง โดย เพิ่มเงื่อนไขอัตราผลผลิตอ้อยขึ้นกับการตัดสินใจเป็นพื้นที่ในเขต หรือนอกเขต.....50
3.7.1	การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการดำเนินการวิจัย	
4.1 บทนำ.....	53
4.2 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย.....	54
4.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับ ฮิวริสติก.....	54
4.2.2 ข้อมูลอินพุตพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลอง.....	59
4.2.3 ข้อมูลอินพุตพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง.....	68
4.3 ผลการทดลองอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับอัลกอริทึมฮิวริสติกด้วยปัญหา ขนาดเล็ก.....	73
4.4 ผลการทดลองอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับอัลกอริทึมฮิวริสติกด้วยปัญหา ขนาดใหญ่.....	78
4.4.1 ผลการวิจัยสำหรับปัญหาขนาดใหญ่.....	78
4.4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัลกอริทึม.....	81
4.5 ผลการทดลองสำหรับการพัฒนาแบบจำลองปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และ ปริมาณขนส่ง โดยเพิ่มเงื่อนไขอัตราผลผลิตอ้อยขึ้นกับการตัดสินใจเป็นพื้นที่ ในเขต หรือนอกเขต.....	84
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	90
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	91
รายการอ้างอิง.....	93
ประวัติผู้เขียน.....	98

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....6
3.1	การสูญเสียน้ำหนักอ้อยของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ที่ตัดค้างไร่.....21
3.2	เกณฑ์ให้คะแนนสำหรับเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเพื่อขนส่งผลผลิตอ้อย.....38
3.3	คะแนนสำหรับเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเพื่อขนส่งผลผลิตอ้อย.....39
3.4	คะแนนสำหรับการกำหนดพื้นที่เขตของพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร.....47
4.1	การทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์อนุกรมของอนุกรมเริ่มต้นและตัวแปร α55
4.2	การวิเคราะห์ผลกระทบของอนุกรมเริ่มต้นและตัวแปร α55
4.3	ทดสอบหาค่าตัวแปร α ที่เหมาะสม.....56
4.4	ทดสอบหาค่าอนุกรมเริ่มต้นที่เหมาะสม.....58
4.5	พารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดก่อนขั้นตอนการวนซ้ำ.....59
4.6	ข้อมูลจริงของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร.....62
4.7	ระยะทางที่เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเดินทางเข้าไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร.....63
4.8	ระยะทางการขนส่งผลผลิตอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรไปยังโรงงานน้ำตาล.....64
4.9	การคำนวณหาค่าต้นทุนอ้อยที่ค้างที่พื้นที่เพาะปลูก.....65
4.10	ข้อมูลผลผลิตอ้อยเฉลี่ย.....66
4.11	ค่าข้อมูลพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อมูลจริงของโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.....67
4.12	ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์ที่กำหนดตามเขตพื้นที่.....67
4.13	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.).....68
4.14	การคำนวณร้อยละผลผลิตอ้อยที่ลดลงจากสถานการณ์ปกติ.....70
4.15	ข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนของผลผลิตอ้อยเฉลี่ยตามพื้นที่ที่กำหนด.....71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 ข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร.....	72
4.17 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) สำหรับปัญหาขนาดเล็ก.....	73
4.18 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) ของปัญหาขนาดเล็ก.....	75
4.19 ผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบแยกปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) ของปัญหาขนาดเล็ก.....	75
4.20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม.....	76
4.21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกและแบบจำลองแบบแยกปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม.....	79
4.22 คำตอบในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริม.....	82
4.23 คำตอบในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนอ้อยที่ค้ำพื้นที่เพาะปลูก.....	82
4.24 คำตอบในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการติดตั้งสถานีรถบรรทุก.....	83
4.25 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตส่งเสริมจากการปรับปรุงอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก.....	85
4.26 อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่สองในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท).....	85
4.27 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่หนึ่งและโมเดลที่สองในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท).....	86
4.28 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนในแต่ละสเตจของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่หนึ่ง (บาท).....	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.29 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนในแต่ละสเททของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว ร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่สอง (บาท).....	88
4.30 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนรวมในสเททที่สองของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว ร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่หนึ่ง (บาท).....	98
4.31 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนรวมในสเททที่สองของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว ร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่สอง (บาท).....	98

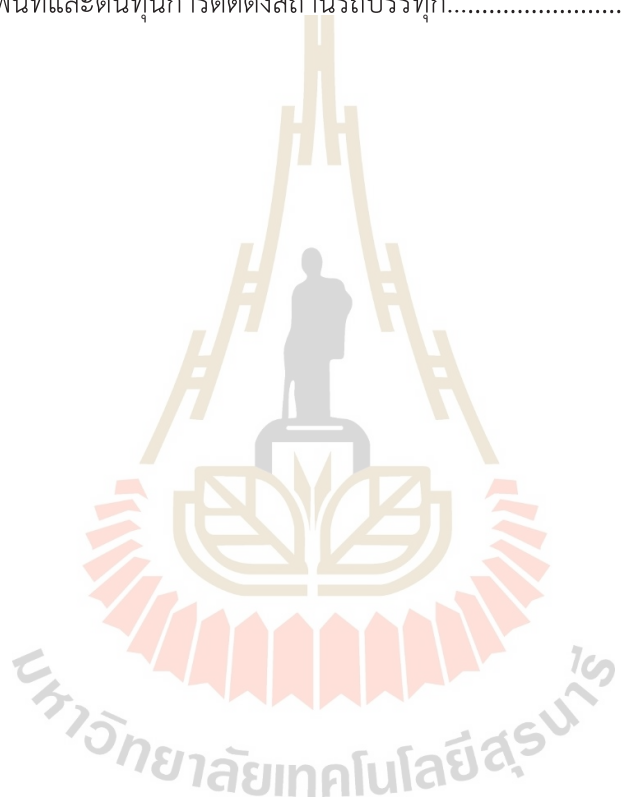


สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	กระบวนการของสองสเตทส์โตแคสติกส์โปรแกรมมิง.....8
2.2	คำตอบจากอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว.....10
3.1	ระบบการจัดการอ้อยของโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย.....19
3.2	อธิบายพื้นที่อ้อยและการแบ่งพื้นที่ของคำตอบ.....22
3.3	กระบวนการทำงานของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกสำหรับปัญหา ร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง.....34
3.4	ตัวอย่างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และอัลกอริทึมการสร้างคำตอบ.....37
3.5	ตัวอย่างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่งและอัลกอริทึมการสร้างคำตอบ.....40
3.6	การสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่.....42
3.7	การสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณการขนส่ง.....43
3.8	การทำงานอัลกอริทึมเพื่อให้เข้าสถานะสมดุล.....45
3.9	Minitab 16.....49
3.10	ซอฟต์แวร์ MATLAB เวอร์ชัน r2018a.....49
3.11	ซอฟต์แวร์ IBM ILOG CPLEX Optimizer 12.8.0.....50
4.1	กราฟแสดงค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร α57
4.2	กราฟแสดงค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร T59
4.3	ข้อมูลปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดการอ้อย.....61
4.4	ช่วงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2529-2565.....69
4.5	เปอร์เซ็นต์ความต่างต้นทุนของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกเปรียบเทียบ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....77
4.6	เปอร์เซ็นต์ความต่างต้นทุนของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกเปรียบเทียบ แบบจำลองแบบแยกปัญหา.....80

สารบัญญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7	ผลเฉลยของปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดการอ้อย.....81
4.8	เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่ดีกว่าของ CSAH เปรียบเทียบ SM เมื่อมีการผันแปรของต้นทุน อ้อยที่ค้ำพื้นที่และต้นทุนการติดตั้งสถานีรถบรรทุก.....83



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายรายใหญ่ของภูมิภาค นับว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกหลักของประเทศ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยจำนวนมาก โรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่ใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาล โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยขยายตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น การขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อย ดังนั้นจึงมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนต่าง ๆ ที่รวมไปถึงค่าเพาะปลูก ค่าเก็บเกี่ยว และค่าขนส่ง การพัฒนาเพื่อหาระบบที่มีประสิทธิภาพสูง จึงมีผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำตาลและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล

ในช่วงฤดูการเพาะปลูก โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยมีกลยุทธ์ในการแบ่งเขตพื้นที่ในการวางแผนรับผลผลิตอ้อยตามพื้นที่เพาะปลูกอ้อย โดยแบ่งพื้นที่เพาะปลูกเป็นพื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม โดยพื้นที่ในเขตส่งเสริมคือพื้นที่ที่กำหนดรอบโรงงานน้ำตาลตามระยะทางรัศมีรอบโรงงานที่กำหนด ซึ่งในพื้นที่นี้จะมีการส่งเสริมการเกษตรให้กับเกษตรกร ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรดูแลมีผลผลิตอ้อยที่สูงขึ้น โดยการสนับสนุนและให้ความรู้จากทีมเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญจากการสำรวจข้อมูลจากโรงงานน้ำตาลพบว่าพื้นที่ในเขตส่งเสริมจะเป็นพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรทำสัญญากับโรงงานน้ำตาล ซึ่งจะมีการบริการเงินกู้ยืมแก่เกษตรกรเพื่อการจ่ายค่าใช้จ่ายต่าง ๆ รวมถึงเมล็ดพันธุ์อ้อยคุณภาพดี ปุ๋ย ยารักษาโรค และการอบรมเทคนิคการปลูก พอถึงหลังจากช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะขายคืนในอัตราดอกเบี้ยที่ต่ำกว่า และส่งผลผลิตอ้อยให้กับโรงงาน แต่พื้นที่นอกเขตส่งเสริมคือพื้นที่ไร่อ้อยที่ไกลจากโรงงานน้ำตาล เกษตรกรจะได้รับการดูแลส่งเสริมการปลูกอ้อยที่น้อยกว่าพื้นที่ในเขตส่งเสริม เห็นได้ว่าการตัดสินใจในการแบ่งพื้นที่เขตจะพิจารณาก่อนเริ่มช่วงฤดูการเพาะปลูก ในช่วงฤดูการเพาะปลูกโรงงานน้ำตาลจะมีการส่งทีมเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเข้าไปดูแลส่งเสริมเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยตามพื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ในพื้นที่ที่ได้รับมอบหมาย นอกจากนี้ในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยว เกษตรกรแต่ละรายจะขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลอาจไม่เพียงพอต่อการขนส่งอ้อยปริมาณมากในคราวเดียว วิธีการขนส่งอ้อยในประเทศไทยเป็นการขนส่งอ้อยที่เก็บเกี่ยวแล้วในล็อตขนาดเล็ก โดยใช้รถบรรทุกของฟาร์มหรือรถบรรทุกหกล้อของตนเอง ไปยังโรงงานน้ำตาล ซึ่งการวาง

แผนปริมาณขนส่งที่ไม่ดี จะนำไปสู่ความยากลำบากในการจัดกำหนดการให้อ้อยมาถึง ส่งผลให้เกิดการรอคอยส่งอ้อยจำนวนมากที่หน้าโรงงาน ทำให้เกิดอ้อยค้างสะสมเป็นเวลานาน ที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของอ้อย มีงานวิจัยจำนวนมากพบว่าต้นทุนของระบบขนส่งอ้อยเป็นส่วนที่แพงที่สุดในระบบโซ่อุปทานน้ำตาล สาเหตุจากการขาดการร่วมมือกันของโรงงานน้ำตาลและเกษตรกรแต่ละราย ดังนั้นควรคำนึงถึงปริมาณผลผลิตอ้อยที่จะถูกขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอระบบการจัดการอ้อยซึ่งคำนึงถึงช่วงฤดูกาลการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่ง จึงเสนอให้มีการบูรณาการสองปัญหาคือการแบ่งเขตพื้นที่และขนาดปริมาณการขนส่ง โดยปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่จะทำการแบ่งเขตพื้นที่ (Districts) ของพื้นที่เพาะปลูกออกเป็นสองส่วน คือพื้นที่ในเขตส่งเสริม (Inside area) และพื้นที่นอกเขตส่งเสริม (Outside area) แต่ละเขตพื้นที่มีกลยุทธ์การดำเนินการโดยมีแผนเฉพาะสำหรับทั้งการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่ง สำหรับปัญหาปริมาณการขนส่ง จะวางแผนตัดสินใจเลือกปริมาณการขนส่งอ้อยที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาล เราจึงได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิง (Two-stage stochastic programming model) สำหรับแก้ปัญหาหาผลเฉลยของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งไปพร้อมกัน พร้อมกับพัฒนาอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก (Combined Simulated Annealing Algorithm and Heuristic, (CSAH)) มีวัตถุประสงค์คือเพื่อให้ได้ค่าคาดหวังต้นทุนให้ต่ำที่สุด ได้แก่ ต้นทุนการเพาะปลูก ต้นทุนการเก็บเกี่ยว และต้นทุนการขนส่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อให้สามารถกำหนดแต่ละพื้นที่เพาะปลูกรวมกันเข้าเป็นดีสตรีกส์ได้ และกำหนดสถานีรถบรรทุกที่ถูกจัดสรรให้แต่ละดีสตรีกส์ภายใต้จำนวนรถบรรทุกที่จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

1.2.2 เพื่อให้สามารถวางแผนการขนส่งอ้อยแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาล ในแต่ละช่วงเวลาตลอดฤดูหีบอ้อยได้ และตัดสินใจจัดสรรรถบรรทุกในแต่ละดีสตรีกส์ เพื่อใช้ในการขนส่งอ้อยจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงาน ตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดผลค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนการขนส่งต่ำที่สุด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 กำหนดให้ความเร็วในการวิ่งของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งผลผลิตอ้อยจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาล ใช้ความเร็วคงที่ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการขนส่งจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาล

1.3.2 กำหนดให้กำลังการผลิตของโรงงานมีความแน่นอน ไม่พิจารณาช่วงเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่เกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน หรือ กรณีอื่นๆ ที่เป็นผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตของโรงงาน

1.3.3 พิจารณาขนาดของรถบรรทุกขนาดเดียว เป็นรถบรรทุก 6 ล้อ มีความสามารถในการขนส่งต่อรอบเป็น 10 ตัน มีจำนวนจำกัด และมีตำแหน่งที่สถานีที่แน่นอน

1.3.4 เมื่ออ้อยดิบมีความพร้อมในการเก็บเกี่ยว สามารถเก็บเกี่ยวเพื่อขนส่งได้ตรงตามเวลา ไม่พิจารณาความล่าช้าที่เกิดจากแรงงานหรือเครื่องจักรไม่พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย อ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวจะไม่สูญเสียความหวาน (ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญของโรงงานน้ำตาล พบว่า อ้อยที่ไม่ได้รับการเก็บเกี่ยวตามเวลา ไม่ส่งผลให้ค่าความหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ) แต่น้ำหนักจะลดลงตามวันที่ถูกเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น

1.3.5 พิจารณาการตัดอ้อยสามารถแบ่งการเก็บเกี่ยวได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด สำหรับอ้อยที่เก็บเกี่ยวแล้วไม่ได้ขนส่ง ต้องถูกเก็บไว้ที่แปลงอ้อยของพื้นที่เพาะปลูก โดยพิจารณาว่าที่พื้นที่เพาะปลูกมีพื้นที่เพียงพอสำหรับอ้อยที่ถูกตัด

1.3.6 ทำการศึกษาสภาพระบบการขนส่งอ้อยจริงจากโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษา โดยพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และการขนส่ง ในช่วงเวลา 1 ปี

1.3.7 เก็บข้อมูลจริงเพื่อใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากข้อมูลฤดูกาลหีบอ้อยปี 2558-2559 ทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงจากโรงงานน้ำตาล

1.3.8 พิจารณาค่าใช้จ่ายในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และการขนส่ง โดยที่ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ยืมลงทุนที่จ่ายให้กับเกษตรกรแต่ละพื้นที่ ค่าใช้จ่ายจ้างเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวอ้อย ค่าใช้จ่ายในการใช้งานสถานีรถบรรทุก ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการเก็บอ้อยเหลือค้าง

1.3.9 พิจารณาเขตพื้นที่ต้องมีความต่อเนื่องในเขตพื้นที่เดียวกัน

1.4 สมมติฐานของโครงการวิจัย

1.4.1 จำกัดความต้องการอ้อยในแต่ละช่วงเวลาเพื่อป้อนสู่โรงงานน้ำตาล

1.4.2 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยถูกแบ่งออกตามการดูแลของเกษตรกรแต่ละราย แต่ละพื้นที่เพาะ

ปลูกมีจำนวนไร่อ้อยและผลผลิตอ้อยที่แตกต่างกัน

1.4.3 สามารถกำหนดช่วงเวลาที่ผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกให้ค่าความหวานเหมาะสมสำหรับป้อนเข้าสู่โรงงานได้

1.4.4 สามารถรู้ช่วงเวลาที่เหมาะสมซึ่งอ้อยแต่ละพื้นที่เพาะปลูก แต่ละสถานการณ์จะต้องถูกตัดและป้อนเข้าสู่โรงงานภายในช่วงเวลาที่กำหนด นั่นคือต้องอยู่ในช่วงเวลาฤดูกาลเก็บเกี่ยว

1.4.5 เส้นทางจากโรงงานน้ำตาลไปยังแหล่งเพาะปลูกอ้อยแต่ละพื้นที่เพาะปลูก และเส้นทางจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังสถานีรถบรรทุก มีเส้นทางเดียว และทราบปริมาณระยะทางคำนวณจากค่าละติจูด ลองจิจูด

1.4.6 จำกัดจำนวนรถบรรทุกรวมของสถานีรถบรรทุก

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ได้แผนการตัดสินใจในการจัดการแต่ละพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรวมกันเป็นดิสทริกต์รวมทั้งจัดสรรการดูแลส่งเสริมการเกษตรจากโรงงานน้ำตาล โดยให้ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

1.5.2 ได้แผนการขนส่งอ้อยและแผนการใช้รถบรรทุกจากสถานีรถบรรทุกตลอดช่วงฤดูเก็บเกี่ยว โดยให้ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

1.5.3 สร้างองค์ความรู้ใหม่และเสริมความรู้เดิมให้เข้มแข็งในการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์กับปัญหาการขนส่งอ้อย

1.5.4 สามารถสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีการวิเคราะห์ปัญหาการกำหนดพื้นที่เขตและระบบปัญหาการขนส่งอ้อยจริง และทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลที่เก็บได้จริง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบขนส่งอื่นๆ ที่มีระบบปัญหาใกล้เคียงกันได้

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.6.1 ทบทวนการศึกษา ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิทยานิพนธ์นี้ได้แก่ แบบจำลองของระบบการจัดการอ้อย แบบจำลองการแบ่งเขตพื้นที่ แบบจำลองปริมาณการขนส่ง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสองสเตทสโตแคสติกส์ และอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว จากนั้นรวบรวมและเก็บข้อมูลจากการสำรวจเกี่ยวกับระบบการจัดการอ้อยที่โรงงานน้ำตาลในปัจจุบัน

1.6.2 จัดเตรียมข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พัฒนาอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหา สำหรับแก้ไขปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และ

ปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย

1.6.3 ทดลองกับปัญหาขนาดเล็กโดยใช้ข้อมูลการสำรวจจากโรงงานน้ำตาล เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก จากนั้นบันทึกผลการทดลอง

1.6.4 ทดลองกับปัญหาขนาดใหญ่โดยใช้ข้อมูลการสำรวจจากโรงงานน้ำตาล เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกและแบบจำลองแบบแยกปัญหา จากนั้นบันทึกผลการทดลอง

1.6.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหา สำหรับแก้ปัญหาพร้อมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย

1.6.6 สรุปผล อภิปราย และจัดทำข้อเสนอแนะ

1.6.7 จัดทำวิทยานิพนธ์ และต้นฉบับวารสารวิชาการ



บทที่ 2

ปริทรรศน์วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

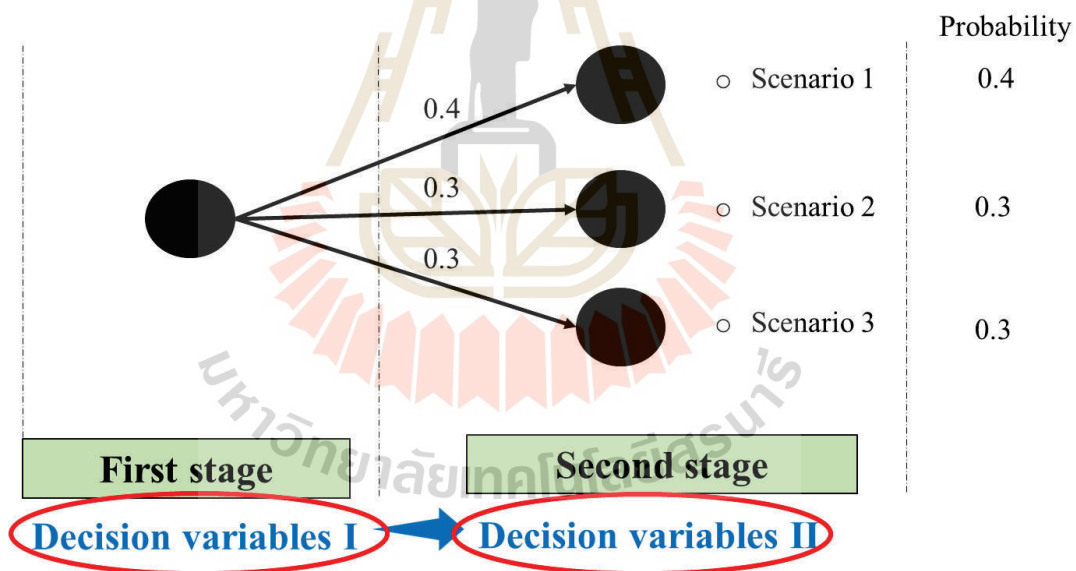
การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการจัดการอ้อย แผนการเพาะปลูก แผนการเก็บเกี่ยว และแผนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาล ลักษณะของปัญหามีความแปรผันหรือมีความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามพื้นที่เพาะปลูกของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบเกษตรกร เนื่องจากอาจเกิดสถานการณ์ที่ทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง ซึ่งส่งผลต่อการวางแผนเพาะปลูก เช่น สถานการณ์ภัยแล้ง มีโอกาสที่ผลผลิตอ้อยจะไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ปริมาณอ้อยที่สมบูรณ์ที่มีปริมาณน้ำหนักรวมที่เหมาะสม อาจมีการคลาดเคลื่อนจากที่วางแผนไว้ ทั้งในเรื่องเวลาและปริมาณ ดังนั้นในบทนี้ จึงพิจารณาในเรื่องทฤษฎีในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีสองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิง (Two – Stage Stochastic Programming) ซึ่งวิธีนี้เหมาะสมกับปัญหาความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยที่เกิดขึ้น โดยที่สามารถคาดการณ์ความน่าจะเป็นของปริมาณผลผลิตอ้อยได้ เพื่อสร้างแบบจำลองคำนวณหาผลเฉลยที่เหมาะสมหรือได้คำตอบที่ดีที่สุด และหนึ่งในวิธีแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้รับความนิยมคือเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristic) ให้วิธีแก้ปัญหาที่ยอมรับได้ในเวลาที่เหมาะสมในการวางแผนผลิตและระบบโลจิสติกส์ หนึ่งในเมตาฮิวริสติกส์ที่ใช้แก้ปัญหาได้คืออัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm) นอกจากนี้ การพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว หลังจากนั้นจะพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องระบบการจัดการอ้อย แบบจำลองปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และแบบจำลองปัญหาปริมาณการขนส่ง เพื่อหาแนวทางในการสร้างแบบจำลองการตัดสินใจปัญหาการร่วมการกำหนดแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 สองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิง

สโตแคสติกโปรแกรมมิง (Stochastic programming) เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนหรือทราบไม่แน่ชัด เนื่องจากปัญหาในโลก

ความเป็นจริง มักมีพารามิเตอร์ที่มีความไม่แน่นอนในปัญหานั้น ๆ สำหรับสองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิง (Two – Stage Stochastic programming) โดยมาตรฐานจะแบ่งการพิจารณาปัญหาโดยแยกตัวแปรตัดสินใจแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ตัวแปรสเตจในทีหนึ่งและตัวแปรในสเตจที่สอง เริ่มต้นที่สเตจที่หนึ่งจะมีการตัดสินใจค่าตัวแปรตัดสินใจเกิดขึ้นก่อนที่ตัวแปรสุ่มพารามิเตอร์จะทราบค่าที่เกิดขึ้นจริง เมื่อเหตุการณ์ความไม่แน่นอนเกิดขึ้นแล้ว การปรับค่าการดำเนินการสามารถทำได้ผ่านค่าตัวแปรตัดสินใจที่เกิดขึ้นใน สเตจที่สองหรือเรียกว่าตัวแปรรีคอร์ท (Recourse variables) หลักการของรีคอร์ทสามารถนำไปประยุกต์ได้ทั้งโมเดลโปรแกรมมิงเชิงเส้นตรง (Linear programming) โมเดลโปรแกรมมิงจำนวนเต็ม (Integer programming) และโมเดลโปรแกรมมิงไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Non - linear programming) การประมาณค่าคาดหวังของแบบจำลองคณิตศาสตร์โมเดลสโตแคสติก โดยทั่วไปเรียกว่าปัญหาที่ถูกต้อง (True problem) สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ดีเทอร์มินิสติกอัลกอริทึมได้ (Deterministic algorithms)



รูปที่ 2.1 กระบวนการของสองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิง

จากรูปที่ 2.1 อธิบายถึงกระบวนการทำงานของแบบจำลองแบบสองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิง โดยแต่ละสเตจประกอบด้วย 2 สเตจ คือ สเตจที่หนึ่ง และสเตจที่สอง เริ่มต้นสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาทั้งสองสเตจ คำตอบนั้นได้จากการพิจารณาและตัดสินใจของตัวแปรคำตอบ หรือเรียกว่า ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) เมื่อพิจารณาหาคำตอบ

ที่สเตทที่หนึ่ง จะเกิดคำตอบหรือตัวแปรตัดสินใจในสเตทที่หนึ่ง โดยตัวแปรตัดสินใจดังกล่าวจะนำไปสู่การสร้างคำตอบหรือตัวแปรตัดสินใจในสเตทที่สองที่จะเลือกใช้ข้อมูลอินพุตที่มีความไม่แน่นอนตามความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์ (Scenario) นั้น เช่น หากเกิดสถานการณ์ที่หนึ่ง ตามความน่าจะเป็น 0.4 จะเลือกใช้ข้อมูลอินพุตจากสถานการณ์ดังกล่าวสร้างคำตอบในสเตทที่สอง เมื่อกระบวนการของแบบจำลองแบบสองสเตทสโตแคสติกโปรแกรมมิ่งนำมาปรับใช้ในงานวิจัยนี้ คำตอบที่ได้จากสเตทที่หนึ่งหรือปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ จะนำไปสู่การสร้างคำตอบในสเตทที่สองหรือปัญหาขนาดปริมาณการขนส่ง ที่ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นที่จะมีผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ สถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยปกติตามการคาดการณ์และผลผลิตอ้อยที่ลดลงตามสถานการณ์ภัยแล้ง

2.2.2 อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm (SA))

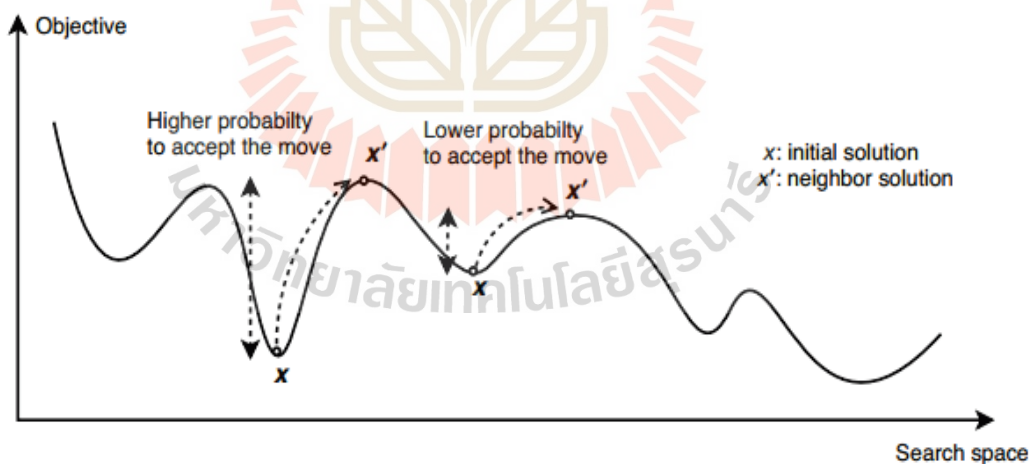
อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวเป็นหนึ่งในวิธีเมตาฮีริสติก (Metaheuristic) เป็นหนึ่งในสาขาในการหาคำตอบที่เหมาะสม โดยการอาศัยหลักการประมาณและมีความนิยมเป็นอย่างมาก มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง เช่น ปัญหาการวางแผนการขนส่ง ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ปัญหาการวางแผนการผลิต วิธีการอื่น ๆ ในกลุ่มของเมตาฮีริสติก เช่น ทาบูเสิร์ช (Taboo search, (TS)) เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm, (GA)) แม้ว่าวิธีการเมตาฮีริสติกจะไม่ได้หาคำตอบที่ดีที่สุด แต่เป็นคำตอบเข้าใกล้กับคำตอบที่ดีที่สุด กระบวนการทำงานจะทำงานผ่านรอบการวนซ้ำและหยุดเมื่อเข้าเงื่อนไขที่สร้างไว้ หลักการของเมตาฮีริสติกจะดำเนินการค้นหาคำตอบให้ได้คำตอบที่เหมาะสมในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ เพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาดำเนินการที่เหมาะสม ที่มีทั้งการนำไปใช้การปัญหาที่มีความซับซ้อนและปัญหาที่ไม่ซับซ้อน

การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวสำหรับปัญหาหาคำตอบที่เหมาะสม เกิดจากนำเสนอของ S. Kirkpatrick (1983) และ V. Cerny (1985) ซึ่งอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวเป็นหนึ่งในด้านการค้นหาแบบฮีริสติก (Heuristic Search) มีความง่ายและมีประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาการหาคำตอบที่ยอมรับได้ โดยพื้นฐานของอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวใช้หลักการทางกลศาสตร์สถิติโดยกระบวนการการอบเหนียวที่ต้องใช้ความร้อนแล้วทำให้เย็นลงอย่างช้า ๆ เพื่อให้ได้โครงสร้างผลึกแข็งแรง ความแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัว ซึ่งโครงสร้างผลึกเปรียบดั่งคำตอบที่ต้องการที่จะมีค่าที่ยอมรับได้ โดยขั้นตอนของอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) วิธีแก้ปัญหาเบื้องต้นอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวจะดำเนินการวนซ้ำหลายครั้ง เริ่มต้นด้วยการคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) เป็นคำตอบแรกในการเริ่มอัลกอริทึม ซึ่งในการวนซ้ำแต่ละครั้งจะสามารถสร้างคำตอบใกล้เคียง (Neighbor solution) จะถูกสร้างขึ้นแบบสุ่มจากคำตอบเริ่มต้น ในการขั้นตอนการวนซ้ำครั้งถัดไปจะใช้คำตอบใกล้เคียงล่าสุดในการสร้างคำตอบใกล้เคียงครั้งถัดไป

2) การหาคำตอบที่เหมาะสมดำเนินการใช้คำตอบใกล้เคียงล่าสุดในการสร้างคำตอบใกล้เคียงครั้งถัดไป โดยเพิ่มการเคลื่อนที่ (Moves) ของคำตอบที่ได้รับการยอมรับจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของคำตอบ สำหรับคำตอบใกล้เคียงจะถูกเลือกจะมีโอกาสเคลื่อนที่ไปยังรอบถัดไปขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและผลต่างของคำตอบใกล้เคียงรอบเดิมกับคำตอบใกล้เคียงรอบใหม่ คำตอบใกล้เคียงใหม่ที่มีค่าจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดีกว่าคำตอบเดิม จะถูกนำมาเป็นคำตอบใกล้เคียงสำหรับรอบถัดไป

3) อัลกอริทึมดำเนินไปจนกว่าจะเกิดเงื่อนไขการหยุด ลักษณะคำตอบอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวจะแสดงดังรูป 2.2 อธิบายถึงลักษณะคำตอบที่เปลี่ยนไปเมื่อมีรอบที่เพิ่มขึ้น จนเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด



รูปที่ 2.2 คำตอบจากอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว

ดังนั้นขั้นตอนของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกได้อธิบายตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-6 ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นโดยการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) จากนั้นบันทึกคำตอบปัจจุบัน (Current solution) และเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Best solution) ในตอนปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 2 เข้าสู่ขั้นตอนการวนซ้ำ กำหนดค่าเริ่มต้นของอัลกอริทึม ได้แก่ จำนวนรอบเริ่มต้น จำนวนรอบสิ้นสุด อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 3 เริ่มต้นรอบการวนซ้ำ เริ่มต้นที่รอบการวนซ้ำ (n (number of iterations) = 1) กำหนดอุณหภูมิที่อุณหภูมิปัจจุบัน (T) กำหนดคำตอบที่ดีที่สุด คำตอบปัจจุบันที่ได้จากการคำตอบเริ่มต้นหรือคำตอบใกล้เคียงจากการวนซ้ำก่อนหน้า

ขั้นตอนที่ 4 สร้างคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood solution) ของคำตอบเริ่มต้น เพื่อได้คำตอบที่ดีกว่าคำตอบคำตอบที่ดีที่สุดขั้นตอนที่ 3 เมื่อผ่านเงื่อนไขสถานะสมดุล ที่มีเงื่อนไขยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบเพื่อเข้าสู่การวนซ้ำครั้งถัดไปเมื่อคำตอบปัจจุบันดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุดที่บันทึกไว้ก่อนหน้า หรือถ้าคำตอบปัจจุบันไม่ดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด จะใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ยอมรับการเคลื่อนที่ เมื่อยอมรับจะบันทึกคำตอบปัจจุบันใช้ในการวนซ้ำครั้งถัดไป แต่ไม่เปลี่ยนแปลงคำตอบที่ดีที่สุด จากนั้นบันทึกคำตอบใกล้เคียงให้เป็นคำตอบปัจจุบันและคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการวนซ้ำรอบถัดไป ($n = n + 1$) และเกิดเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ หากไม่ยอมรับคำตอบทำขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อขั้นตอนที่ 2 - 4 วนซ้ำต่อไปจนเข้าเงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึม (1. เมื่ออุณหภูมิปัจจุบันถึงอุณหภูมิสุดท้าย 2. เมื่อจำนวนรอบการวนซ้ำปัจจุบันถึงจำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุด และ 3. เมื่อถึงจำนวนค่าสูงสุดที่รอบการวนซ้ำไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุด) จะเลือกคำตอบที่ดีที่สุด จบการทำงานของอัลกอริทึม

2.3 ปรัชญาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยฉบับนี้เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานการตัดสินใจการแบ่งเขตพื้นที่และปัญหาปริมาณการขนส่งอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานน้ำตาล มีวรรณกรรมและงานวิจัยมากมายที่กล่าวถึงระบบโลจิสติกส์ของการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล จึงได้รวบรวมและจัดหมวดหมู่งานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องในแง่ของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสำหรับระบบอ้อย (Sugarcane systems) แบบจำลองการแบ่งเขต (Districting models) แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับปัญหาปริมาณการขนส่ง (Transportation lot size problem) และสองสเตจสโตแคสติกโปรแกรมมิ่ง (Two – Stage Stochastic Programming) และ อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm) อธิบายตามลำดับดังนี้

2.3.1 ระบบการจัดการอ้อย

แบบจำลองสำหรับระบบการจัดการอ้อยช่วยแก้ปัญหาการสร้างแผนการเพาะปลูก

แผนการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และระบบการผลิตที่ซับซ้อน ในขั้นต้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพิจารณา ทบทวนแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization model) สำหรับปัญหาการเพาะปลูก ปัญหาการเก็บเกี่ยว ปัญหาการขนส่ง และปัญหาการผลิต โดยคำนึงถึงการลดต้นทุนรวมให้น้อยที่สุด หรือลดการสูญเสียทรัพยากรอันมีค่าให้เหลือน้อยที่สุด

ในงานวิจัยนี้ต้องการวางแผนการเพาะปลูกอ้อย แผนการเก็บเกี่ยวอ้อย และการขนส่ง เป็นไปตามปัญหาจริงในปัจจุบัน เพื่อให้ผลผลิตอ้อยตรงกับแผนกำลังการผลิตของโรงงาน น้ำตาล โดยมีความต้องการให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งหมดน้อยที่สุด ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการวางแผนเพาะปลูก ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวอ้อย ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อย และค่าใช้จ่ายในการเก็บอ้อยเหลือค้างพื้นที่ โดยแผนการเพาะปลูกอ้อยจะมีการแบ่งเขตพื้นที่ของพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจะมีการดูแลอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกตามเขตพื้นที่ที่กำหนดจากทางโรงงานน้ำตาล จากนั้นวางแผนการขนส่งปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลในแต่ละช่วงเวลาให้เพียงแผนกำลัง

Pongwanich-anan (2009) ระบบการจัดการอ้อยมีค่าใช้จ่ายปริมาณมาก ที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในระบบโซ่อุปทานอ้อย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกอ้อย ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์ที่วิเคราะห์ระบบการจัดการอ้อยในเรื่องของค่าใช้จ่าย พบว่าค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุด คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อย

Diaz and Perez (2000) และ Milan et al. (2006) ได้นำเสนอแบบจำลองสำหรับกำหนดขนาดปริมาณของผลผลิตอ้อยเพื่อการขนส่งในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว แม้งานวิจัยสองฉบับนี้จะนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยไม่ได้พิจารณาการจัดการจัดสรรรถบรรทุกเพื่อขนส่งผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร

สำหรับปัญหาการผลิต Guise & Ryland (1969) ได้นำเสนอแบบจำลองเพื่อค้นหาทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการจัดตารางการผลิตในโรงงานน้ำตาล แบบจำลองนี้คำนึงถึงปัญหาการผลิตเท่านั้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งอ้อยสูงสำหรับระบบอ้อย

Higgins et al. (2004) และ Higgins (2006) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย โดยมีการบูรณาการระบบอ้อย ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการผลิตที่บูรณาการกับระบบอ้อย

Grunow et al. (2007) ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อพิจารณาแผนการผลิตน้ำตาลทรายภายใต้การตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการวางแผนการจัดส่ง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ระบบการดำเนินงานที่ดีที่สุด

Piewthongngam et al. (2009) นำเสนอระบบการทำงานของระบบการจัดการอ้อยในด้านการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้อัตราการผลิตน้ำตาลให้ได้มากที่สุด

Jena & Poggi (2013) นำเสนอแผนการจัดการในการเก็บเกี่ยวอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกและวางแผนการผลิตน้ำตาลให้ได้ผลผลิตที่เหมาะสม

Thuankaewsing et al. (2015) ได้ปรับปรุงการตัดสินใจของการจัดตารางการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยรวมการคำนวณความแปรปรวนของเวลาในการผลิตอ้อยในแบบจำลอง แม้ว่าจะมีการพัฒนาแบบจำลองหลายรูปแบบสำหรับปัญหาการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการผลิตแบบบูรณาการของระบบอ้อย แต่งานวิจัยก่อนหน้านี้ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่ฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งฤดูเพาะปลูกเป็นช่วงที่สามารถแบ่งพื้นที่ปลูกอ้อยออกเป็นเขตได้ การแบ่งพื้นที่เขตทำให้เกษตรกรแต่ละรายสามารถสร้างความร่วมมือกับโรงงานน้ำตาลได้ เพื่อเป็นการวางแผนการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้ การแบ่งพื้นที่เขตยังสามารถกำหนดการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน และช่วยสร้างความสมดุลในการใช้รถบรรทุกได้

Neungmatch et al. (2013) และ Khamjan et al. (2013) พิจารณาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีขนถ่ายอ้อยและการจัดสรรพื้นที่อ้อยให้กับสถานีขนถ่าย แม้ว่าสถานีขนถ่ายจะมีประโยชน์ในการลดการชะงักระหว่างการผลิตที่โรงงานน้ำตาล แต่ก็อาจส่งผลให้ผลผลิตคงคลังอ้อยที่ถูกตัดจำนวนมากถูกกักไว้เป็นเวลานานที่สถานีขนถ่ายอ้อย ทำให้ปริมาณน้ำหนักรอของอ้อยลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

แบบจำลองการวางแผนปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่งในการศึกษาของงานวิจัยก่อนหน้านี้ เมื่อฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย การดำเนินการจัดส่งรถบรรทุกเข้าไปขนส่งอ้อยตามพื้นที่เพาะปลูก อาจส่งผลกระทบต่อให้มีการจัดสรรการใช้งานรถบรรทุกไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร สำหรับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ (District) สามารถจัดตารางการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคันให้มีการทำงานขนส่งอ้อยให้มีความสมดุล พร้อมกับการดำเนินการเพิ่มผลผลิตอ้อยโดยการส่งเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเข้าไปดูแลให้ความรู้การเพาะปลูกอ้อย และบริการอื่น ๆ ตามเขตพื้นที่ที่ถูกจัดสรร

2.3.2 การแบ่งพื้นที่เขต

ในส่วนของวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งพื้นที่เขต (districting) ที่เป็นการแบ่งพื้นที่ใหญ่ออกเป็นพื้นที่ย่อยเพื่อให้เกิดผลสำเร็จของระบบบางอย่างตามการจัดการในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน

Hess et al. (1965) และ Gass (1986) เริ่มแรกทำการสร้างแบบจำลองการแบ่งพื้นที่เขต เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการลาดตระเวนของตำรวจ โดยพิจารณาการลดระยะการเดินทางทั้งหมดระหว่างสถานีและพื้นที่ให้บริการ

Larson & Stevenson (1972) ได้พัฒนาแบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนส่งที่มีทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่วนขยายของแบบจำลองเหล่านี้ Carter et al. (1972) ได้แนะนำแบบจำลองการแบ่งพื้นที่เขตบริการการขนส่งทั้งหมดออกเป็นพื้นที่ย่อยหลายเขต

Larson (1974), (1975), (1975) นำเสนอแบบจำลองการเข้าคิวแบบไฮเปอร์คิวบ์สำหรับตำแหน่งที่ตั้งและการกำหนดเขตใหม่ แต่แบบจำลองไม่อนุญาตให้มีการเดินทางข้ามพื้นที่เขต แบบจำลองการเข้าคิวแบบไฮเปอร์คิวบ์จะพิจารณาความน่าจะเป็นที่เซิร์ฟเวอร์เกิดสถานะไม่ว่าง

Fleischmann and Paraschis (1988) ได้สร้างแบบจำลองเพื่อลดระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเขตและสถานีที่อยู่ของลูกค้าแต่ละราย Li et al. (2007) ใช้แบบจำลองการเขียนโปรแกรมกำลังสอง (quadratic programming model) เพื่อแก้ปัญหาเขตทางการเมือง Ricca & Simeone (2008) กำหนดฟังก์ชันไม่เชิงเส้นและการค้นหาปัญหาพื้นที่เขตทางการเมืองในพื้นที่ท้องถิ่น

โดยการประยุกต์ใช้ปัญหาพื้นที่เขตได้รับการพัฒนาโดย Hojati (1996) ทำการกำหนดเขตที่เหมาะสมที่สุดของพื้นที่ลงคะแนนเสียงทางการเมือง ต่อมา Rossiter (2015) ได้พิจารณาปัญหาการกำหนดพื้นที่เขตใหม่ รวมทั้งข้อจำกัดในการเปลี่ยนแปลงประชากรตามพื้นที่อพยพ แม้ว่าการกำหนดเขตจะเป็นเครื่องมืออันทรงพลังที่สามารถใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของปัญหาการขนส่ง แต่การนำไปใช้กับระบบอ้อยนั้นมีความซับซ้อนในทางปฏิบัติ เนื่องจากขาดความคุ้นเคยและความเต็มใจที่จะให้ความร่วมมือของเกษตรกรกับทางโรงงานน้ำตาล ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงกำหนดพื้นที่เขตสำหรับการเพาะปลูกและให้บริการแก่เกษตรกรที่ให้ความร่วมมือ อีกทั้งพื้นที่เขตยังจำกัดพื้นที่สำหรับจัดสรรรถบรรทุกแต่ละคันในการขนส่งอ้อย

Muyldermans (2003) การออกแบบพื้นที่เขตสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางเดินทางให้เหมาะสม Tavares et al. (2007) และ Shirabe (2009) ได้พิจารณาปัญหาพื้นที่เขตตามเกณฑ์กำหนดหรือข้อจำกัดหลายข้อ เช่น ส่วนประกอบของประชากร ความคล้ายคลึงกับเขตที่มีอยู่ ขนาด ความรวมกลุ่ม และความต่อเนื่องกัน

Garcia et al. (2013) นำเสนอการกำหนดหลายวัตถุประสงค์สำหรับปัญหาการกำหนดพื้นที่เขตใหม่เพื่อพิจารณาความต่อเนื่องกัน ความสมดุลของจำนวนประชากรและการรวมกลุ่ม

การขยายการศึกษาของงานวิจัยดังกล่าวพิจารณาปัญหาพื้นที่เขตและที่ตั้งแบบบูรณาการ ศึกษาจาก Geroliminis et al. (2009) และ Iannoni et al. (2009)

Bandara et al. (2012) พัฒนาแบบจำลองสำหรับการจัดส่งแบบบูรณาการแต่ละพื้นที่เขตเพื่อปรับปรุงระบบอีเอ็มเอสหรือบริการการแพทย์ฉุกเฉิน การวิจัยล่าสุดเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจการแบ่งพื้นที่เขตได้นำไปใช้กับปัญหาการจัดสรรตำรวจ การเมือง พนักงานขาย และอีเอ็มเอส เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการแบ่งเขตส่งผลต่อการตัดสินใจอื่น ๆ ทำให้งานวิจัยนี้ต้องมีการพิจารณาแบบจำลองที่รวมปัญหาการตัดสินใจหลายอย่างเข้าด้วยกัน ผู้วิจัยหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาร่วมกันของการแบ่งพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่งเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบอ้อย

งานวิจัยนี้มีการพิจารณาการแบ่งเขตพื้นที่เพื่อจัดการพื้นที่เพาะปลูกแต่ละพื้นที่ให้เป็นพื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ซึ่งมีแผนการเพาะปลูกที่แตกต่างกันตามพื้นที่ เมื่อถึงช่วงเวลาเก็บเกี่ยว สามารถจัดตารางการเข้าไปรับผลผลิตอ้อยตามพื้นที่เพาะปลูกของรถบรรทุกแต่ละคันให้มีการทำงานขนส่งอ้อยให้มีความสมดุล เพื่อขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลตามแผนกำลังการผลิต

2.3.3 แบบจำลองสโตแคสติกส์

งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองสโตแคสติกส์ หมายถึง งานวิจัยที่วิเคราะห์ปัญหาเมื่อข้อมูลนำเข้าสู่ระบบที่มีความไม่แน่นอนของข้อมูล แต่สามารถคาดการณ์รูปแบบได้จากข้อมูลที่ผ่านมา วิธีการในการแก้ไขปัญหาคือวิธีสโตแคสติกส์ของจำนวนผลิตหรือจำนวนขนส่ง (Stochastic lot size) ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับปัญหาตารางการผลิต ปัญหานี้พิจารณาผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยที่ความต้องการเป็นแบบสุ่ม (Multiple products with random demand)

Sox et al. (1999) พิจารณาข้อจำกัดนี้ในปัญหาต่าง ๆ โดยได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสโตแคสติกส์ของการจัดตารางผลิต (Stochastic lot scheduling problem) ถัดมา Beraldi et al. (2006) วิเคราะห์ปัญหาขนาดสั่งผลิตบนเครื่องจักรขนานภายใต้สถานการณ์ความไม่แน่นอนในการทำงานของเครื่องจักรและวัตถุดิบ เนื่องด้วยงานวิจัยของเราเป็นการบูรณาการสองปัญหาเกี่ยวกับปัญหาการแบ่งพื้นที่เขตและขนาดล็อตปริมาณขนส่ง คำตอบที่ได้จากการตัดสินใจในปัญหาการแบ่งพื้นที่เขตจะนำไปสู่การตัดสินใจคำตอบในปัญหาขนาดล็อตปริมาณขนส่ง จึงรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสองสโตแคสติกส์ สำหรับปัญหาการขนส่ง

Liu et al. (2009) พิจารณาแบบจำลองปัญหาการขนส่งโดยโครงข่าย (Network problem) โดยพิจารณาในการกำหนดจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้ครอบคลุมกับความต้องการ ต่อมา

Winands (2011) นำเสนอรวบรวมงานวิจัยสำหรับแบบจำลองขนาดการผลิตแบบประหยัดสำหรับปัญหาสโตแคสติกส์ของตารางผลิต

งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกที่มีโอกาสมีผลผลิตไม่ เป็นไปตามการคาดการณ์จากแผนการเพาะปลูก จึงพิจารณาผลผลิตอ้อยที่มีโอกาสลดลงจากปกติ เนื่องจากภัยแล้ง ทำให้เกิดสถานการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยมีความไม่แน่นอน เพื่อการขนส่งผลผลิตไปยังโรงงานน้ำตาลมีผลผลิตอ้อยป้อนเข้าสู่โรงงานตามแผนกำลังการผลิต

2.3.4 อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว

ในส่วนถัดมาการทบทวนการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm (SA)) เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาการแบ่งพื้นที่เขตและขนาดล็อตปริมาณขนส่ง ซึ่งอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวเป็นซิงเกิลโซลูชันเบสของเมตาฮิวริสติกส์ (Single-solution base metaheuristics) ศึกษาได้จาก Talbi (2009) อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวถูกนำเสนอโดย S. Kirkpatrick (1983) และ V. Cerny (1985) ถัดมา M. A. Gutierrez-Andrade et. al. (2019) ใช้อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวเพื่อแก้ปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่สำหรับกระบวนการกำหนดเขตใหม่ของพื้นที่เขต และ N. Mishra et. al. (2011) ได้ใช้อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวและเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithms (GA)) เพื่อกำหนดลำดับที่เหมาะสมที่สุด โกล์เคียงที่สุด ในขณะที่พิจารณาขนาดล็อตสำหรับปัญหาการจัดตารางขนาดล็อตและคลังสินค้า การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพสูงของอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวที่นำไปใช้กับปัญหาการแบ่งพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่ง ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยนี้จึงใช้อัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวเพื่อแก้ปัญหาในทำนองเดียวกัน

2.3.5 ปัญหาปริมาณการขนส่ง

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาปัญหาการแบ่งพื้นที่เขตและปริมาณการขนส่ง การตัดสินใจร่วมกันของสองปัญหาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการจัดการอ้อยได้ การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแบบจำลองขนาดปริมาณทางเศรษฐกิจ (Economic lot sizing models) การกำหนดขนาดล็อตทางเศรษฐกิจหมายถึงการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนหน่วยที่จะผลิตหรือขนส่งเพื่อลดต้นทุนรวมตลอดระยะเวลาในการวางแผน แบบจำลองการกำหนดขนาดล็อตทางเศรษฐกิจถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ปัญหาด้านกำหนดการผลิต ดังในงานวิจัยของ Fleischmann (1990), Wagelmans et al. (1992), Hsu (1983) และ Khouja et al. (1998) ได้นำเสนออัลกอริทึมทางพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาขนาดล็อตทางเศรษฐกิจ Brüggemann & Jahnke (2000) ขยายแบบจำลองการกำหนดขนาดล็อตโดยพิจารณาจากจำนวนการผลิตที่จำกัด

งานวิจัยฉบับนี้ เราพิจารณาการประยุกต์ปัญหาการแบ่งพื้นที่เขตและปริมาณการขนส่ง เพื่อให้ในการสร้างแบบจำลองปัญหาการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล งานวิจัยของเรามีความแตกต่างจากงานวิจัยเฉพาะก่อนนี้ที่มีพิจารณาระบบที่ใกล้เคียงสภาพแวดล้อมจริงของปัญหาด้วยการพิจารณาความน่าจะเป็นที่พื้นที่เพาะปลูก จะมีโอกาสที่ผลผลิตอ้อยป้อนเข้าสู่โรงงานน้ำตาลมีความไม่แน่นอนตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น อาจเกิดสถานการณ์ภัยแล้งที่ทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงในช่วงเวลานั้น ทำให้สามารถคาดการณ์ปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกได้ตามแผนการเพาะปลูก กระบวนการแก้ปัญหาการแบ่งพื้นที่เขต จะทำการแบ่งพื้นที่เป็นพื้นที่ในเขตและนอกเขตส่งเสริม เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว แต่ละพื้นที่เพาะปลูกที่ผลผลิตอ้อยที่พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล จะเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยตามปริมาณการขนส่งที่เหมาะสมตามแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลด้วยรถบรรทุกที่ถูกจัดสรรให้



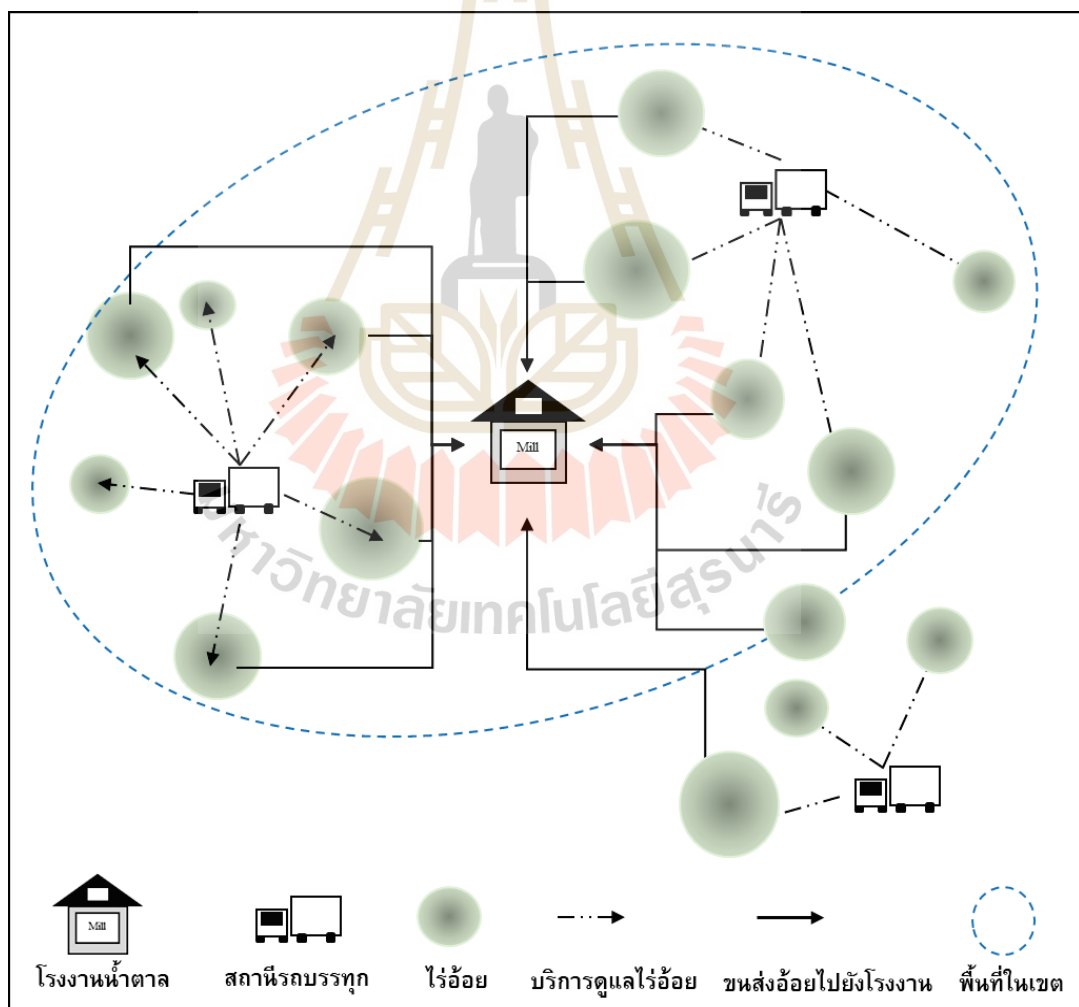
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีการส่งออกน้ำตาลรายใหญ่อันดับสองของโลก รองจากบราซิล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มจำนวนของโรงงานน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยอ้อยถือเป็นพืชที่เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำตาล การเพิ่มประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานกลุ่มอุตสาหกรรมน้ำตาลมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนรวมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ต้นทุนการเพาะปลูก ต้นทุนการเก็บเกี่ยว และต้นทุนการขนส่ง โดยมุ่งเน้นไปที่กำหนดแผนการเพาะปลูกและแผนกำหนดการเก็บเกี่ยวเพื่อขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล การดำเนินการของโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย ปัจจุบันจะรับซื้ออ้อยดิบจากเกษตรกรโดยแบ่งพื้นที่เพาะปลูกอ้อยออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม โดยใช้วิธีการแบ่งเขตพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรตามระยะรัศมีจากโรงงานน้ำตาลตามที่กำหนด ปัจจุบันกำหนดให้พื้นที่ในเขตส่งเสริมเป็นพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่อยู่ภายในรัศมี 70 กิโลเมตร จากโรงงานน้ำตาล หากเกินรัศมีดังกล่าวถือเป็นพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ทางโรงงานน้ำตาลจะดำเนินการวางแผนการแบ่งเขตพื้นที่ในช่วงก่อนฤดูการเพาะปลูก ในช่วงฤดูการเพาะปลูกจะมีการจัดการดูแลพื้นที่เพาะปลูกแตกต่างกันตามเขตพื้นที่ที่กำหนด นั่นคือ พื้นที่ในเขตส่งเสริมจะได้รับการส่งเสริมพันธุ์อ้อยและการดูแลจากเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญในความถี่ที่มากกว่าพื้นที่นอกเขตส่งเสริม รวมถึงการให้กู้ยืมเงินลงทุนในอัตราดอกเบี้ยที่ต่ำกว่าพื้นที่นอกเขตส่งเสริม เมื่อถึงช่วงฤดูเก็บเกี่ยวและขนส่ง เกษตรกรแต่ละรายจะขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลตามกำหนดช่วงเวลาและโควตาที่ได้รับ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณขนส่งอ้อยอาจเกิดความไม่สอดคล้องกับแผนกำลังการผลิตของทางโรงงานน้ำตาล ซึ่งอาจส่งผลให้โรงงานน้ำตาลไม่สามารถจัดการหีบอ้อยที่เข้ามาจำนวนมากในคราวเดียวให้หมดได้ จึงเกิดอ้อยค้างที่หน้าโรงงานและทำให้ปริมาณน้ำหนักของอ้อยลดลง รูปที่ 3.1 แสดงถึงระบบการจัดการอ้อย มีโรงงานน้ำตาลเป็นศูนย์กลาง โดยที่พื้นที่เพาะปลูกอ้อยมีการกระจายตัวรอบโรงงานน้ำตาล มีการแบ่งเขตพื้นที่ตามระยะรัศมีจากโรงงานตามที่กำหนด และมีสถานีรถบรรทุกที่จัดส่งรถบรรทุกขนส่งอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลในฤดูกาลเก็บเกี่ยว จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเขตพื้นที่ไปสู่การพัฒนาแบบจำลองสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ โดยมีแนวความคิดออกแบบการตัดสินใจโมเดล ของปัญหา ร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อยในช่วงก่อนฤดูการเพาะ

ปลูก ด้วยกลยุทธ์การกำหนดเขตพื้นที่สำหรับพื้นที่เพาะปลูกและสถานีรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งอ้อยไปยังโรงงานในช่วงก่อนฤดูกาลเพาะปลูก โดยจัดสรรให้เป็นพื้นที่ในเขตหรือนอกเขตส่งเสริม สำหรับช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวและการขนส่ง จะมีการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกพื้นที่เพาะปลูก สถานีรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง และปริมาณการขนส่ง พิจารณาภายใต้ความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยในแต่ละช่วงเวลาและสถานการณ์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่เพาะปลูกมีความไม่แน่นอนในแต่ละปี แต่ละช่วงเวลา ปริมาณผลผลิตอ้อยมีโอกาสลดลงจากที่กำหนดในแผนเพาะปลูก เนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง อาจส่งผลกระทบต่อทำให้ได้ปริมาณอ้อยส่งไปยังโรงงานไม่เป็นไปตามแผนกำลังการผลิต ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่จะช่วยให้ระบบการจัดการดำเนินการขนส่งอ้อยมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 3.1 ระบบการจัดการอ้อยของโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

งานวิจัยฉบับนี้จึงพิจารณาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสองสเตจสโตแคสติกส์โปรแกรมมิง (Two-stage stochastic programming model) ของปัญหาการกำหนดพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่ง เพื่อแก้ปัญหาผลเฉลยที่ดีที่สุด จากนั้นจึงพัฒนาวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing, SA) เป็นหนึ่งในวิธีการเมตาฮิวริสติก (Meta-heuristic Method) ซึ่งเป็นการหาผลเฉลยของกลุ่มคำตอบที่ได้คำตอบใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุด ได้รับความนิยมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาการขนส่ง ปัญหาการวางแผนผลิต เป็นต้น ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมโดยใช้การจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก เพื่อแก้ปัญหาค้นหาผลเฉลยโดยทดสอบแบบจำลองกับขนาดปัญหาจริง แบ่งเป็นปัญหขนาดเล็กลงและปัญหขนาดใหญ่อันโดยใช้ข้อมูลจริงจากโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็น ปัญหาขนาดเล็กเปรียบเทียบอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสองสเตจสโตแคสติกส์โปรแกรมมิง (Two-stage stochastic programming model) และแบบจำลองแบบแยกปัญหา (Separated model (SM)) ซึ่งพิจารณาปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และปัญหขนาดล็อตขนส่งแยกกัน โดยนำผลเฉลยของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่มาเป็นเงื่อนไขการพิจารณาปัญหขนาดล็อตการขนส่ง สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ใช้การเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก กับแบบจำลองแบบแยกปัญหา

3.2 สมมติฐานของปัญหา

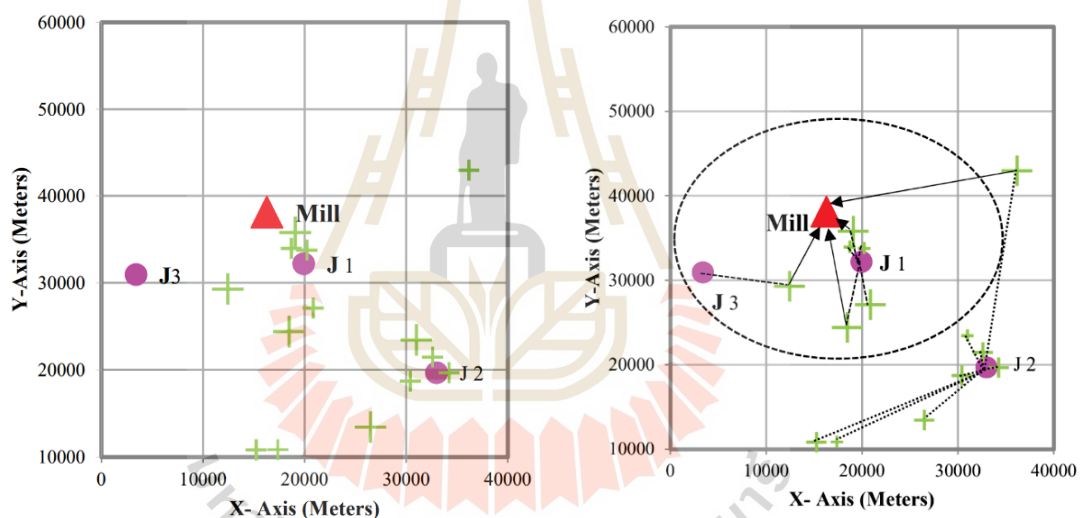
งานวิจัยฉบับนี้จะพิจารณาการจัดการอ้อยในช่วงฤดูการเพาะปลูก ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และการขนส่ง เพื่อที่จะจัดสรรผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปโรงงานน้ำตาลให้ตรงกับแผนกำลังการผลิตน้ำตาลในแต่ละช่วงเวลา พร้อมทั้งการจัดสรรสถานีรถบรรทุกสำหรับขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล ดำเนินการภายใต้กลยุทธ์การแบ่งเขตพื้นที่ (Districts) ออกเป็นสองพื้นที่ ในช่วงก่อนฤดูการเพาะปลูกนั้นคือ พื้นที่ในเขตส่งเสริม (Inside area) และพื้นที่นอกเขตส่งเสริม (Outside area) โดยที่พื้นที่ในเขตส่งเสริม เป็นพื้นที่ที่ได้รับการส่งเสริมการเกษตรจากทางโรงงานน้ำตาล เช่น บริการเงินกู้ลงทุน ค่าเช่าพื้นที่เพาะปลูก ค่าเพาะปลูก ค่าเมล็ดพันธุ์อ้อย ค่ายารักษาโรค และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ รวมถึงการลงพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเข้าไปให้คำแนะนำและดูแลในการเพาะปลูกอ้อยแก่เกษตรกรตลอดช่วงฤดูการเพาะปลูก เพื่อให้พื้นที่เพาะปลูกแต่ละแห่งที่อยู่ภายในพื้นที่ในเขตส่งเสริมมีผลผลิตที่มากขึ้น ส่วนพื้นที่นอกเขตส่งเสริมเป็นพื้นที่ที่ได้รับการบริการต่าง ๆ ดังกล่าวจากทางโรงงานน้ำตาลที่น้อยกว่าพื้นที่ในเขตส่งเสริม เมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวจะตัดสินใจพิจารณาเลือกผลผลิตอ้อยแต่ละพื้นที่เพาะปลูกตามความน่าจะเป็นตามโอกาสที่จะเกิดสถานการณ์ต่างๆ ได้แก่ สถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยปกติและสถานการณ์ที่อ้อยมีผลผลิตน้อยลงจากปัญหาต่าง ๆ เช่น ภัยแล้ง จากนั้นจะ

เลือกพื้นที่เพาะปลูก โดยที่จะกำหนดปริมาณการขนส่งของผลผลิตอ้อยที่เหมาะสม (Lot Sizing) เพื่อขนส่งไปยังโรงงานในแต่ละช่วงเวลา ดำเนินการโดยมีสถานีรถบรรทุกที่มีจัดการเกี่ยวกับการจัดสรรส่งรถบรรทุกเข้าไปขนส่งอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาล ดังนั้นการขนส่งอ้อยจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกอ้อยไปโรงงานน้ำตาลจึงต้องมีการกำหนดขนาดผลผลิตอ้อยที่เหมาะสมในการขนส่งให้เพียงพอกับแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล เพื่อไม่ให้เกิดการรอคอยการส่งบ่อนอ้อยเป็นเวลานาน เนื่องจากหากไม่มีการกำหนดแผนการขนส่งที่เหมาะสม พอถึงเวลาที่โรงงานน้ำตาลต้องการผลผลิตอ้อย เกษตรกรแต่ละรายจะนำผลผลิตอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกของตนบ่อนเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ซึ่งอาจทำให้ช่วงเวลานั้นมีผลผลิตอ้อยจากเกษตรกรเกินกำลังผลิตของโรงงานน้ำตาล จึงเกิดรอคอยการบ่อนอ้อยบริเวณหน้าโรงงานน้ำตาล อันเป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณน้ำหนัของอ้อย ตามข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2544) อ้อยจะมีการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไป ดังตารางที่ 3.1 แสดงถึงปริมาณการสูญเสียน้ำหนักของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ในหน่วยตัน ตามจำนวนวันที่ถูกเก็บเกี่ยวต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ และหากมีอ้อยที่ถูกตัดจากพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรที่ไม่ได้จัดส่งหรือเรียกว่าอ้อยเหลือค้างไร่จะเกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บอ้อยเหล่านั้น

ตารางที่ 3.1 การสูญเสียน้ำหนักอ้อยของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ที่ตัดค้างไร่

วันที่ค้างไร่ (วัน)	การสูญเสียน้ำหนักอ้อย (ตัน)	
	อ้อยสด	อ้อยไฟไหม้
1	0.3	0.6
2	0.6	1.1
3	0.9	1.5
4	1.3	1.8
5	1.6	2.4
6	2.1	2.9
7	2.4	3.3
8	2.7	3.9
9	3.2	4.4

ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่เขตของพื้นที่เพาะปลูกอ้อย พิจารณาแสดงดังรูปที่ 3.2 (ก) แสดงตัวอย่างพื้นที่เพาะปลูกที่กระจายตัวอยู่รอบโรงงานน้ำตาล ในระยะพื้นที่ 40×60 ตารางกิโลเมตร โดยที่สัญลักษณ์เครื่องหมายบวกแสดงถึงตำแหน่งของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรหนึ่งราย สัญลักษณ์เครื่องหมายวงกลมแสดงถึงสถานีรถบรรทุก J_j โดยที่ $j = 1, 2, \dots, j$ และสัญลักษณ์เครื่องหมายสามเหลี่ยมแสดงถึงโรงงานน้ำตาล ผู้วิจัยเสนอการแบ่งเขตพื้นที่ทั้งหมดออกเป็นพื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ที่จัดกลุ่มพื้นที่เพาะปลูกอ้อยและสถานีรถบรรทุกเป็นแต่ละเขตพื้นที่ ดังที่อธิบายไว้ในรูปที่ 3.2 (ข) แต่ละพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจะถูกจัดสรรสถานีรถบรรทุกสำหรับรับขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลตามเขตพื้นที่ที่ถูกกำหนดไว้ อีกทั้งเพื่อการเดินทางเข้าไปดูแลพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจากเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ กำหนดให้มีรถบรรทุกประเภทเดียว และทราบตำแหน่งที่ตั้งของสถานีรถบรรทุก



(ก) ตัวอย่างพื้นที่เพาะปลูกอ้อย

(ข) ตัวอย่างการจัดกลุ่มพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเป็นเขตพื้นที่

รูปที่ 3.2 อธิบายพื้นที่อ้อยและการแบ่งพื้นที่ของคำตอบ

โดยสมมติฐานทั้งหมดที่กำหนดสรุปได้ดังนี้

1) ทราบจำนวนของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยตามความรับผิดชอบของเกษตรกรแต่ละรายและตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่เพาะปลูกดังกล่าวและ ทราบจำนวนสถานีรถบรรทุกและที่ตั้งของสถานีรถบรรทุก พร้อมทั้งจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งอ้อยในแต่ละสถานีรถบรรทุกนั้น ระยะทางที่ใช้ขนส่งอ้อยมีเพียงเส้นทางเดียว คิดตามระยะห่างจากพิกัดละติจูดและลองจิจูดจากแผนที่ที่ใกล้ที่สุด

2) ทราบผลผลิตอ้อยจากแผนการเพาะปลูกโดยประมาณคาดการณ์จากข้อมูลในอดีตของ

พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในแต่ละช่วงเวลา (Periods) แต่ละสถานการณ์ (Scenarios) โดยจะคาดการณ์ ปริมาณน้ำหนักรวมของผลผลิตอ้อยในช่วงเวลานั้น และประเภทอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวกำหนดเป็นอ้อยสด

3) ปริมาณผลผลิตอ้อยทั้งหมดที่ถูกขนส่งจากพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรรับผิดชอบไปยัง โรงงานน้ำตาล ปริมาณผลผลิตอ้อยต้องเป็นไปตามแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในแต่ละ ช่วงเวลา หากพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรรับผิดชอบมีผลผลิตเกินที่กำหนด ผลผลิตอ้อยที่เหลือจะไม่ถูก ส่งไปยังโรงงานน้ำตาล ทำให้เกิดอ้อยค้างพื้นที่

4) แต่ละพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรรับผิดชอบสามารถถูกจัดสรรให้อยู่ได้เพียง 1 เขตพื้นที่ เท่านั้น กำหนดให้เป็นพื้นที่ในเขตหรือนอกเขตส่งเสริมอย่างใดอย่างหนึ่ง

5) สถานีรถบรรทุกสามารถถูกจัดสรรให้อยู่ได้เพียง 1 เขตพื้นที่เท่านั้น กำหนดให้เป็นพื้นที่ ในเขตหรือนอกเขตส่งเสริมอย่างใดอย่างหนึ่ง

6) สถานีรถบรรทุกสามารถถูกจัดสรรให้ขนส่งอ้อยจากแต่ละพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกร รับผิดชอบภายในเขตพื้นที่เดียวกันเท่านั้น

7) ปริมาณผลผลิตอ้อยที่ถูกขนส่งจากพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรรับผิดชอบ 1 รอบ ต้องไม่ เกินกำลังการขนส่งของรถบรรทุก

8) ปริมาณผลผลิตอ้อยที่ถูกขนส่งจากพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรรับผิดชอบ ต้องไม่เกิน ผลผลิตอ้อยแต่ละพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลา โดยคาดการณ์ผลผลิตอ้อยตามแผนการเพาะปลูก อ้อย

9) ต้นทุนการเก็บอ้อยค้างพื้นที่ ขึ้นอยู่กับการสูญเสียปริมาณน้ำหนักรวมของอ้อย ในแต่ละ ช่วงเวลา

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย

3.3.1 คำอธิบายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้นำเสนอการบูรณาการตัดสินใจปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณ การขนส่ง แบบจำลองนี้มีจุดประสงค์ที่จะลดค่าคาดหวังต้นทุนรวมให้ต่ำที่สุด ด้วยลักษณะของการขนส่งอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกที่เกษตรกรรับผิดชอบไปยังโรงงานน้ำตาล จึงรวมกลยุทธ์การแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง โดยใช้พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งถูกกำหนดขึ้นตามสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

1) กำหนดให้พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร 1 ราย เท่ากับ 1 พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่

เป็นเจ้าของพื้นที่ ซึ่งใน 1 พื้นที่รับผิดชอบสามารถมีจำนวนไร่เพาะปลูกในปริมาณไร่ที่แตกต่างกันได้ การคาดการณ์ผลผลิตของแต่ละ 1 พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรขึ้นกับปริมาณไร่ที่เกษตรกรใช้เพาะปลูกอ้อย และกำหนดให้มีโรงงานน้ำตาลเพียงแห่งเดียว

2) กำหนดให้ตัวบ่งชี้ i แทนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร 1 ราย) โดย $i = 1, 2, \dots, n$ กระจายอยู่รอบโรงงานน้ำตาล

3) กำหนดตัวบ่งชี้ j เป็นสถานีรถบรรทุก โดย $j = 1, 2, \dots, J$ กำหนดให้สถานีรถบรรทุกมีรถบรรทุกประจำที่เพียง 1 คัน และในแต่ละสถานีเป็นรถบรรทุกประเภทเดียวกัน ซึ่งเป็นรถบรรทุกประเภทหกล้อ บรรทุกอ้อยดิบได้ 10 ตัน พร้อมทราบจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งของสถานีรถบรรทุก

4) กำหนดตัวบ่งชี้สำหรับเขตพื้นที่เป็น k โดย $k = A, B, \dots, K$ เป้าหมายคือการกำหนดพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกทั้งหมดออกเป็นเขตพื้นที่ 2 เขต คือ พื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) และพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k = B$) เนื่องจากแต่ละเขตพื้นที่ จะมีดูแลจากโรงงานน้ำตาลและเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน ซึ่งพื้นที่ในเขตส่งเสริมจะมีบริการดูแลส่งเสริมการเกษตรมากกว่าพื้นที่นอกเขตส่งเสริม

5) กำหนดเขตของ $z = (z_{1k}, \dots, z_{jk}, \dots, z_{nk})$ โดยที่จะจัดสรรพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ให้อยู่ในเขตพื้นที่ k ซึ่งแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i จะถูกจัดสรรให้อยู่ภายในเขตพื้นที่ k ที่เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) หรือ พื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k = B$) อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

6) กำหนดเขตของ $x = (x_{1k}, \dots, x_{jk}, \dots, x_{nk})$ โดยที่จะจัดสรรสถานีรถบรรทุก j ที่เขตพื้นที่ k ซึ่งแต่ละสถานีรถบรรทุก j จะขนส่งอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่อยู่ภายในเขตพื้นที่ k ที่เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) หรือ พื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k = B$) อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

7) กำหนดเขตของ $y = (y_{11k}, \dots, y_{ijk}, \dots, y_{njk})$ เมื่อจัดสรรให้สถานีรถบรรทุก j ทำการขนส่งอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ที่เขตพื้นที่ k ไปยังโรงงานน้ำตาล ซึ่งแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ใช้การขนส่งอ้อยจากสถานีรถบรรทุก j ที่ถูกจัดสรรให้อยู่ในเขตพื้นที่ k เดียวกัน ยกตัวอย่าง พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร $i = 1$ และพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร $i = 2$ ถูกจัดสรรให้เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) ดังนั้นสถานีรถบรรทุก j ต้องถูกจัดสรรให้พื้นที่ในเขตส่งเสริมเช่นกัน ถึงจะสามารถถูกกำหนดให้ขนส่งผลผลิตอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร $i = 1, 2$ ได้

8) กำหนดตัวบ่งชี้ t เป็นช่วงเวลา (Period) โดยที่ $t = 1, 2, \dots, T$ จะมีการเก็บเกี่ยวและขนส่งผลผลิตอ้อยให้เพียงพอกับกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดให้ 1 ช่วงเวลาเท่ากับ 1 สัปดาห์ ตามสมมติฐานแผนการเพาะปลูกอ้อยมีการดูแล บำรุงรักษา ใส่ปุ๋ย ให้กับอ้อย โดยคาดการณ์ให้อ้อยมีความพร้อมสำหรับเก็บเกี่ยวในทุกช่วง 3 สัปดาห์ ตามแผนการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง นั่นคือ จะมีการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 7 ของ

แผนการเก็บเกี่ยวและขนส่งตามลำดับ มีสมมติฐานว่าการเก็บเกี่ยวอ้อย ในพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ที่ถูกเลือกให้ตัดและขนส่งเข้าโรงงานน้ำตาล ในแต่ละช่วงเวลา t เกษตรกรจะตัดอ้อยภายในครั้งเดียวสำหรับอ้อยที่พร้อมจะเก็บเกี่ยวทั้งหมด เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย อีกทั้งเป็นการควบคุมปริมาณน้ำหนกอ้อยที่ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลอีกด้วย โดยค้นหาปริมาณขนส่งที่เหมาะสม (Lot Sizing) เพื่อให้เพียงพอตามแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล

9) กำหนดตัวบ่งชี้ l เป็นสถานการณ์ (Scenarios) โดยที่ $l = 1, 2, \dots, L$ พิจารณาจากสถานการณ์ของผลผลิตอ้อยจากแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว ซึ่งแตกต่างกันไปตามสถานการณ์ โดยแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยที่เป็นปกติตามการคาดการณ์จากแผนการเพาะปลูก และสถานการณ์ผลผลิตอ้อยต่ำกว่าปกติเนื่องจากสถานการณ์ที่เกิดจากโรคภัย ปัญหาภัยแล้ง หรืออื่น ๆ

10) แผนการเพาะปลูกมีการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยจากแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i แต่ละช่วงเวลา t แต่ละสถานการณ์ l โดยที่ผลผลิตอ้อยที่จะถูกเก็บเกี่ยวจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร จะถูกกำหนดเป็นเซตของ $m = (m_{1tl}, \dots, m_{itl}, \dots, m_{nTL})$ ที่แสดงปริมาณผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูก

11) กำหนดให้เมื่อมีการจัดสรรให้ตัดอ้อยเพื่อขนส่งเป็นตัวแปรตัดสินใจ u ($u_{1jt}, \dots, u_{ijt}, \dots, u_{nTL}$) เมื่อมีการขนส่งอ้อยที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i โดยสถานีรถบรรทุก j ช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l ขึ้นอยู่กับตัวแปรตัดสินใจ x, y และ z

12) กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจ q ($q_{1jt}, \dots, q_{ijt}, \dots, q_{nTL}$) เป็นการตัดสินใจปริมาณขนส่ง (Lot Sizing) ซึ่งมีหน่วยเป็นรอบปริมาณการขนส่ง ปริมาณที่เหมาะสมในการขนส่ง ขึ้นอยู่กับตัวแปรตัดสินใจ x, y และ z ยกตัวอย่าง การตัดสินใจปริมาณขนส่ง $q_{nTL} = 2$ เมื่อพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i มีการขนส่งอ้อยโดยสถานีรถบรรทุก j ช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l ไปยังโรงงานน้ำตาลจำนวน 2 รอบ

13) กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจ h ($h_{1tl}, \dots, h_{itl}, \dots, h_{nTL}$) เป็นปริมาณอ้อยที่เหลือค้าง (ปริมาณอ้อยเหลือค้างที่ไร่อ้อย ซึ่งไม่ได้ถูกขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล) สำหรับแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l ขึ้นอยู่กับตัวแปรตัดสินใจ x, y และ z

14) กำหนดจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเป็นตัวแปรตัดสินใจ w_k (w_1, w_2, \dots, w_k) ที่มีการตัดสินใจจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเพื่อจัดสรรให้ดูแลพื้นที่เพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรในเขต k ซึ่งจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญมีการกำหนดตามการดูแลปริมาณอ้อย (ตัน) ตามแต่ละเขตพื้นที่

15) กำหนดปริมาณ v_k (v_1, v_2, \dots, v_k) เป็นตัวแปรตัดสินใจที่กำหนดปริมาณเงินส่งเสริมเพื่อให้เกษตรกรกู้ยืมไปลงทุน ที่ได้จากโรงงานน้ำตาล ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจการวางแผนผลผลิต

ตามปริมาณอ้อย (ตัน) ในแต่ละเขตพื้นที่ k นั้นๆ ซึ่งการคำนวณค่าของ v_k พิจารณาเป็นเงินลงทุนแบบขั้นบันได

16) F = ค่าคาดหวังต้นทุน

3.3.2 พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปร	คำอธิบาย
ตัวบ่งชี้ (Indices)	
N	จำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (Sugarcane fields)
J	จำนวนสถานีรถบรรทุก (Truck stations)
K	จำนวนเขตพื้นที่ (Districts)
T	จำนวนช่วงเวลา (Periods)
L	จำนวนสถานการณ์ (Scenarios)
i	ตัวบ่งชี้ (index) พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$
j	ตัวบ่งชี้ (index) สถานีรถบรรทุก โดยที่ $j = 1, 2, \dots, J$
k	ตัวบ่งชี้ (index) เขตพื้นที่ โดยที่ $k = A, B, \dots, K$
t	ตัวบ่งชี้ (index) ช่วงเวลา โดยที่ $t = 1, 2, \dots, T$
พารามิเตอร์อินพุต (Input parameters)	
$d_{ij}^{[T]}$	ระยะทางขนส่งอ้อยจากสถานีรถบรรทุก j เข้าไปรับผลผลิตอ้อยที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i แล้วขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล (กิโลเมตร)
$d_{ij}^{[S]}$	ระยะทางการเดินทางของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเข้าจากสถานีรถบรรทุก j เข้าไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i (กิโลเมตร)
s_{jt}	ต้นทุนคงที่เมื่อมีการตัดสินใจเลือกใช้งานรถบรรทุกจากสถานีที่ใช้ในการขนส่ง (หากมีการตัดสินใจใช้งานรถบรรทุก จะมีต้นทุนนี้เกิดขึ้น) ในช่วงเวลา t ของสถานีรถบรรทุก j
c_{it}	ต้นทุนอ้อยที่ค้างที่พื้นที่เพาะปลูก แล้วไม่ได้ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล ต่อช่วงเวลา ที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ช่วงเวลา t คิดเป็นค่าใช้จ่ายการเก็บอ้อยที่ลือค้าง ต่อตัน
Q_i	ผลผลิตอ้อย (ตัน) ที่พร้อมสำหรับเก็บเกี่ยวตามแผนเพาะปลูก ที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ทุกช่วงเวลา
m_{itl}	ผลผลิตอ้อย (ตัน) ที่พร้อมสำหรับเก็บเกี่ยวตามแผนเพาะปลูก ที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ช่วงเวลา t สถานการณ์ l

a_k	ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ยืมลงทุนส่งเสริมการปลูกอ้อย เช่น ค่าเช่าพื้นที่เพาะปลูก ค่าเพาะปลูก ค่าเมล็ดพันธุ์อ้อย และค่ายารักษาโรค ที่โรงงานน้ำตาลจ่ายให้แก่เกษตรกรตามพื้นที่รับผิดชอบ ตามเขตพื้นที่ k
r_k	ต้นทุนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเดินทางไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร เป็นค่าใช้จ่ายตามระยะทางต่อกิโลเมตร ตามเขตพื้นที่ k
o_k	เงินค่าจ้างรายปีของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่เข้าไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ตามเขตพื้นที่ k
δ_{kl}	ความน่าจะเป็นที่ผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่เพาะปลูกมีความไม่แน่นอนในแต่ละปี ตามสถานการณ์สภาพแวดล้อม l ตามเขตพื้นที่ k
α	ปริมาณกำลังการขนส่งที่คงที่ของรถบรรทุกในการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลต่อรอบ (ตัน)
β	ต้นทุนการเก็บเกี่ยวอ้อยที่คิดตามน้ำหนักอ้อย เป็นค่าใช้จ่ายต่อตัน
e	ต้นทุนการขนส่งอ้อยที่คิดตามน้ำหนักอ้อย เป็นค่าใช้จ่ายต่อตัน
Cap	ความสามารถในการดูแลส่งเสริมการเพาะปลูกอ้อยตามปริมาณผลผลิตอ้อยที่ถูกจัดสรรให้กับเจ้าที่ผู้เชี่ยวชาญต่อราย (ตัน)
SPF	ปริมาณเฉลี่ยของผลผลิตอ้อยที่จะได้เงินกู้ยืมลงทุนเต็มจำนวน (ตัน)
VPD	จำนวนต่ำที่สุดของรถบรรทุกที่กำหนดให้ต่อหนึ่งเขตพื้นที่
COF	ปริมาณผลผลิตอ้อยที่ต้องส่งไปยังโรงงานน้ำตาลต่อหนึ่งช่วงเวลา ตามแผนกำลังการผลิต
COV	ความสามารถในการรับส่งปริมาณผลผลิตอ้อยของรถบรรทุกทั้งหมดในหนึ่งช่วงเวลา
BigM	จำนวนเต็มจำนวนมาก
Limited	ปริมาณผลผลิตอ้อยที่ถูกจัดสรรให้อยู่ในพื้นที่ในเขต ($k=A$)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

Z_{ik}	1; เมื่อจัดสรรให้พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i อยู่ในเขตพื้นที่ k 0; เมื่อเป็นอย่างอื่น
X_{jk}	1; เมื่อจัดสรรให้สถานีรถบรรทุก j อยู่ในเขตพื้นที่ k 0; เมื่อเป็นอย่างอื่น
Y_{ijk}	1; เมื่อพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ถูกขนส่งโดยสถานีรถบรรทุก j ถูกจัดสรรอยู่ในเขตพื้นที่ k เหมือนกัน 0; เมื่อเป็นอย่างอื่น

u_{ijtl}	1; เมื่อมีการจัดสรรให้ตัดอ้อยเพื่อขนส่งจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i โดยสถานีรถบรรทุก j ณ ช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l 0; เมื่อเป็นอย่างอื่น
q_{ijtl}	เป็นการตัดสินใจปริมาณขนส่ง (Lot Sizing) ซึ่งมีหน่วยเป็นรอบปริมาณการขนส่งโดยสถานีรถบรรทุก j จากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ไปยังโรงงานน้ำตาล ณ ช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l
h_{itl}	ปริมาณอ้อยที่เหลือค้าง แต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ที่ยังคงอยู่พื้นที่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l
w_k	จำนวนเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่ถูกจัดสรรให้ดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรในแต่ละเขตพื้นที่ k
v_k	กำหนดปริมาณการตัดสินใจปริมาณเงินส่งเสริมเพื่อให้เกษตรกรกู้ยืมไปลงทุน ได้รับจากโรงงานน้ำตาล ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจการวางแผนผลผลิตตามปริมาณอ้อย (ตัน) ในแต่ละเขตพื้นที่ k นั้นๆ ซึ่งการคำนวณค่าของ v_k พิจารณาเป็นเงินลงทุนแบบขั้นบันได
F	ค่าคาดหวังต้นทุนที่เหมาะสมที่สุด (Optimal value)

3.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากสมมติฐานแผนการเพาะปลูก แผนการเก็บเกี่ยว และการขนส่ง ที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการหาผลเฉลยของปัญหา เพื่อให้คำตอบที่ดีที่สุด โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอสามารถใช้สำหรับปัญหาในการแบ่งเขตพื้นที่สำหรับพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกทั้งหมดออกเป็นพื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม รวมถึงการตัดสินใจปริมาณการขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลให้เหมาะสมกับแผนกำลังการผลิตของโรงงาน โดยพิจารณาถึงสถานการณ์ของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากผลผลิตอ้อยมีโอกาสลดลงจากแผนเพาะปลูกเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง จากการวิเคราะห์ปัญหาจึงได้พิจารณาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สองสเตจสโตแคสติกส์โปรแกรมมิง (Two-stage stochastic programming model) สำหรับหาผลเฉลยของปัญหานี้ จะเป็นการหาผลเฉลยทั้งสองสเตจจนได้คำตอบที่ดีที่สุด ในสเตจที่หนึ่งทำการตัดสินใจปัญหาการกำหนดพื้นที่เขต (Districts problem) ในช่วงก่อนฤดูการเพาะปลูก ขณะที่สเตจที่สองทำการตัดสินใจปัญหาขนาดล็อตการขนส่ง (Transportation lot sizing problem) จุดประสงค์ของแบบจำลองนี้เพื่อให้ค่าคาดหวังต้นทุนที่ต่ำที่สุด สำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกอบด้วยสมการฟังก์ชันจุดประสงค์และสมการข้อจำกัดของปัญหานี้ แสดงดังด้านล่าง

3.3.3.1 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)

$$\begin{aligned}
 F = \text{minimize} & \left(\sum_{k=1}^K a_k v_k + \sum_{k=1}^K o_k w_k + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K d_{ij}^{[S]} z_{ik} r_k \right) + \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \delta_{kl} \left(\alpha \beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T q_{ijtl} \right. \\
 & + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T s_{it} u_{ijtl} + \alpha e \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T d_{ij}^{[T]} q_{ijtl} \\
 & \left. + \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T c_{it} h_{itl} \right) \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

ฟังก์ชันจุดประสงค์ต้องการหาค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง ภายใต้ความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยนี้ สร้างด้วยวิธีสองสเตจโสตคาสติกโปรแกรมมิ่ง (Two-stage stochastic programming model) คำตอบของปัญหาจะวิเคราะห์ในผลลัพธ์ของค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด (F) ให้สอดคล้องกับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่แสดงในสมการที่ (3.1) ที่ประกอบไปด้วยผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้งสองสเตจที่เป็นการตัดสินใจปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายส่วนของช่วงเวลาการเพาะปลูกและค่าใช้จ่ายในส่วนของช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลตามลำดับ ในสเตจที่หนึ่งมีค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูก ได้แก่ 1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการให้เกษตรกรกู้ยืมเงินลงทุนตามจำนวนไร่ที่เพาะปลูกอ้อย คือ ผลคูณของค่าดอกเบี้ยเงินกู้ยืมลงทุน (a_k) กับปริมาณไร่ที่ใช้เพาะปลูกอ้อย (v_k) 2. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ คือ ผลคูณของเงินค่าจ้างรายปีของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ (o_k) กับจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ (w_k) รวมกับ 3. ค่าเดินทางเข้าไปดูแลตามพื้นที่เพาะปลูกที่ถูกจัดสรรให้เจ้าหน้าที่ (z_{ik}) ซึ่งเป็นผลคูณของค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อกิโลเมตร (r_k) กับระยะทางไปยังพื้นที่เพาะปลูก ($d_{ij}^{[S]}$) จากนั้นสำหรับในสเตจที่สองจะทำการตัดสินใจปัญหาปริมาณการขนส่ง ค่าใช้จ่ายในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวเพื่อขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลจะขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอนในแต่ละปีของผลผลิตอ้อย ตามสถานการณ์สภาพแวดล้อม l ตามเขตพื้นที่ k ซึ่งจะได้ปริมาณอ้อยที่ปริมาณแตกต่างกัน เป็นค่าคาดหวังค่าใช้จ่ายรวมที่ได้จากผลคูณของโอกาสเกิดสถานการณ์ (δ_{kl}) กับผลรวมของค่าใช้จ่ายที่ 4 – 7 ประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้ 4. ค่าใช้จ่ายการเก็บเกี่ยวอ้อย คือ ผลคูณของค่าใช้จ่ายการเก็บเกี่ยวอ้อยที่คำนวณตามน้ำหนักอ้อย (β), ปริมาณอ้อยที่เก็บเกี่ยวและขนส่งต่อรอบ (α) และรอบปริมาณการขนส่งอ้อย (q_{ijtl}) 5. ค่าใช้จ่ายคงที่การใช้งานรถบรรทุกในการขนส่งอ้อย เป็นผลคูณของค่าใช้จ่ายคงที่เมื่อมีการใช้รถบรรทุก (ค่าเสื่อมราคารถบรรทุก) (s_{it}) ที่ซึ่งหากมีการใช้งานรถบรรทุกของพื้นที่รับผิดชอบเกษตรกร i ที่ตัดสินใจให้มีการขนส่งอ้อย ค่าของ u_{ijtl} จะมีค่าเป็นหนึ่งใน 6. ค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล คือ ผลคูณของปริมาณกำลังการขนส่งต่อรอบ (α), ต้นทุนการขนส่งอ้อยที่คิดตามน้ำหนักอ้อย (e),

ระยะทางขนส่งอ้อยจากสถานีรถบรรทุกเข้ามารับอ้อยที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล (d_{ij}^{TT}) และจำนวนรอบการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล (q_{ijt}) 7. ค่าใช้จ่ายในการเก็บอ้อยเหลือค่างที่ไม่ได้ขนส่งไปยังโรงงาน คือ ผลคูณของต้นทุนอ้อยที่เหลือค่างที่พื้นที่เพาะปลูกต่อช่วงเวลา (c_{it}) กับปริมาณอ้อยที่ไม่ได้ถูกขนส่งไปยังโรงงาน (h_{it})

3.3.3.2 สมการข้อจำกัด (Constraints)

สเตทที่หนึ่ง (First stage)

$$\sum_{k=A}^K x_{jk} = 1 \quad \forall j \quad (3.2)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.2) กำหนดให้แต่ละสถานีรถบรรทุก j ถูกจัดสรรไปยังเขตพื้นที่ k ได้เพียงเขตพื้นที่เดียว

$$\sum_{k=A}^K z_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (3.3)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.3) เพื่อให้แน่ใจว่ามีการจัดสรรพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ที่เขตพื้นที่ k เพียงเขตพื้นที่เดียว

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=A}^K y_{ijk} \geq 1 \quad \forall i \quad (3.4)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.4) เพื่อกำหนดให้แต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ได้จัดสรรไปยังเขตพื้นที่ k อย่างน้อยหนึ่งเขตพื้นที่

$$y_{ijk} \leq z_{ik} \quad \forall i, j, k \quad (3.5)$$

$$y_{ijk} \leq x_{jk} \quad \forall i, j, k \quad (3.6)$$

$$z_{ik} + x_{jk} - y_{ijk} \leq 1 \quad \forall i, j, k \quad (3.7)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.5), สมการข้อจำกัดที่ (3.6) และสมการข้อจำกัดที่ (3.7) เพื่อให้แน่ใจว่าจัดสรรพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ไปยังเขตพื้นที่ k แล้วสถานีรถบรรทุก j ที่ขนส่งผลผลิตอ้อยที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ถูกจัดสรรไปยังเขตพื้นที่ k เช่นกัน เพื่อสามารถจัดสรรสถานีรถบรรทุกขนส่ง j เพื่อขนส่งผลผลิตอ้อยจากไร่อ้อย i ไปยังโรงงานน้ำตาลได้

$$\sum_{j=1}^J x_{jk} \geq VPD \quad \forall k \quad (3.8)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.8) กำหนดจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งอ้อยจำนวนที่น้อยที่สุดที่จะต้องจัดสรรไปยังแต่ละเขตพื้นที่

$$\sum_{i=1}^n Q_i z_{i,k=A} \geq \text{Limited}(k = A) \quad (3.9)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.9) เพื่อแน่ใจว่าปริมาณผลผลิตอ้อยเฉลี่ยในพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ถูกจัดสรรเป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริมการเกษตร ($k=A$) ต้องมีปริมาณผลผลิตอ้อยมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณผลผลิตอ้อยที่ถูกจัดสรรให้อยู่ในพื้นที่ในเขต (*Limited*)

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\text{cap}_k} Q_i z_{i,k} \leq w_k \quad \forall k \quad (3.10)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.10) ทำให้แน่ใจว่าจำนวนคนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการจัดสรรให้ดูแลพื้นที่เพาะปลูกเพียงในเขตพื้นที่ k เท่านั้น

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\text{SPF}} Q_i z_{i,k} \leq v_k \quad \forall k \quad (3.11)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.11) ทำให้แน่ใจว่าปริมาณการตัดสินใจปริมาณเงินส่งเสริมการเกษตรถูกจัดสรรให้กับพื้นที่เพาะปลูกเพียงในเขตพื้นที่ k เท่านั้น

$$x_{jk} \in \{0,1\}, u_{ijtl} \in \{0,1\}, y_{ijk} \in \{0,1\}, z_{ik} \in \{0,1\} \quad (3.12)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.12) กำหนดตัวแปรตัดสินใจ x_{jk} , y_{ijk} และ z_{ik} เป็นตัวแปรประเภทจำนวนเต็ม (Integer) มีค่าได้เพียง 0 หรือ 1

สเตทที่สอง (Second stage)

$$h_{i,t=1,l} = m_{i,t=1,l} - \alpha \sum_{j=1}^J q_{i,j,t=1,l} \quad \forall i, l \quad (3.13)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.13) คำนวณปริมาณอ้อยที่เหลือค้าง (ตัน) เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา ที่ 1 (Period) ซึ่งขึ้นอยู่กับผลผลิตอ้อยของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i

$$h_{itl} = h_{i,t-1,l} + m_{itl} - \alpha \sum_{j=1}^J q_{ijtl} \quad \forall i, t > 1, l \quad (3.14)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.14) คล้ายกับสมการข้อจำกัดที่ (3.13) แต่คำนวณปริมาณอ้อยที่เหลือค้าง (ตัน) เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา ที่ 2 จนถึง T ของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i

$$m_{itl} \geq \alpha \sum_{j=1}^J q_{ijtl} \quad \forall i, j, t, l \quad (3.15)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.15) ทำให้แน่ใจว่ามีการตัดสินใจขนส่งผลผลิตในปริมาณที่ไม่เกินผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกในพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i แต่ละช่วงเวลา t แต่ละสถานการณ์ l

$$\alpha q_{ijtl} \leq \text{BigM}(u_{ijtl}) \quad \forall i, j, t, l \quad (3.16)$$

$$\alpha q_{ijtl} \leq \text{BigM}(\sum_{k=1}^K y_{ijk}) \quad \forall i, j, t, l \quad (3.17)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.16) และ (3.17) รวมอยู่ด้วยเพื่อให้แน่ใจว่ามีการกำหนดปริมาณผลผลิตอ้อยที่จะขนส่งสำหรับพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i โดยจำกัดสถานีรถบรรทุกที่ได้รับมอบหมายในเขตพื้นที่เดียวกัน ซึ่งสมการข้อจำกัดที่ (3.16) กำหนดว่า หากขนาดปริมาณการขนส่งจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i มากกว่า 0 ต้นทุนคงที่ในการใช้งานรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i จะเกิดขึ้น ส่งผลให้ u_{ijtl} เท่ากับ 1 ในทางเดียวกันสมการข้อจำกัดที่ (3.17) ทำให้แน่ใจว่าหากขนาดปริมาณการขนส่งจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ในช่วงเวลา t มากกว่า 0 เราจะกำหนดให้สถานีรถบรรทุก j ขนส่งอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i โดยที่ i และ j อยู่ในเขตพื้นที่ k เดียวกัน

$$\alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J q_{ijtl} \geq \text{COF} \quad \forall t, l \quad (3.18)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.18) ปริมาณผลผลิตอ้อยต้องถูกขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลตามแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในช่วงเวลา t

$$\alpha \sum_{j=1}^J q_{ijtl} \leq \text{COV}(\sum_{j=1}^J x_{jk}) \quad \forall i, k, t, l \quad (3.19)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.19) กำหนดปริมาณการขนส่งอ้อยต้องไม่เกินปริมาณขั้นต่ำของแต่ละสถานีรถบรรทุก j ที่สามารถขนส่งได้

$$q_{ijtl} \geq 0 \quad \forall i, j, t, l \quad (3.20)$$

$$h_{itl} \geq 0 \quad \forall i, t, l \quad (3.21)$$

$$w_k \geq 0 \quad \forall k \quad (3.22)$$

$$v_k \geq 0 \quad \forall k \quad (3.23)$$

$$q_{ijt} \in \{\text{integer} +\}, h_{it} \in \{\text{integer} +\}$$

$$w_k \in \{\text{integer} +\}, v_k \in \{\text{integer} +\} \quad (3.24)$$

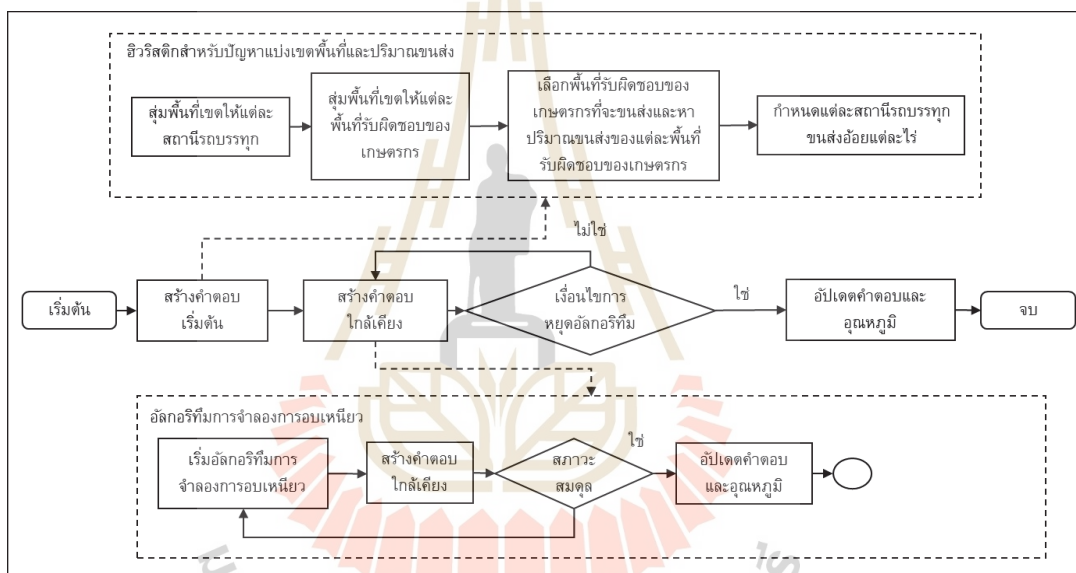
สมการข้อจำกัดที่ (3.20) - (3.24) ประกาศตัวแปรการตัดสินใจเป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ถึงแม้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองสเตทส์โตแคสติกส์โปรแกรมมิงจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยนี้ได้ แต่สำหรับปัญหาในโลกความเป็นจริง มีข้อมูลและ

พารามิเตอร์อินพุตที่รับเข้ามีปริมาณมากและซับซ้อน การรันโปรแกรมหาผลเฉลยเพื่อการแก้ปัญหาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงใช้เวลานานเกินไปหรือไม่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดได้ ดังนั้นการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นจึงเหมาะสมกับปัญหาขนาดเล็ก ที่มีข้อมูลขนาดเล็ก ไม่ซับซ้อน และเพื่อที่จะหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาในโลกความเป็นจริงหรือปัญหาขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้จึงออกแบบอัลกอริทึมที่ทำงานร่วมกันระหว่างอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm, (SA)) และฮิวริสติก (Heuristic) ในการหาผลเฉลยสำหรับปัญหาขนาดใหญ่และใช้เวลาในการหาผลเฉลยด้วยการรันโปรแกรมที่เหมาะสม ในส่วนถัดไปจะนำเสนอการพัฒนาอัลกอริทึมการรวมกันของอัลกอริทึมแบบจำลองการอบเหนียวและฮิวริสติกสำหรับการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

3.4 การพัฒนาอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก

จากส่วนก่อนหน้าได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง ซึ่งการแก้ไขปัญหาเพื่อค้นหาผลเฉลยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะนำไปสู่คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Best solution) แม้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะมีประสิทธิภาพในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ แต่เหมาะกับการใช้ในการค้นหาผลเฉลยของปัญหาขนาดเล็ก ที่มีจำนวนของข้อมูลน้อยและไม่ซับซ้อน สำหรับขนาดปัญหาขนาดใหญ่ที่เป็นปัญหาที่พบเจอได้ในชีวิตประจำวันทั่ว ๆ ไป ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ด้วยการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากข้อมูลพารามิเตอร์อินพุตมากเกินไป ในการรันผลลัพธ์จึงไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ แม้จะสามารถหาคำตอบได้แต่ก็ใช้เวลาในการหาคำตอบนานเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (Combined Simulated Annealing Algorithm and Heuristic, (CSAH)) เพื่อประยุกต์ใช้ในการค้นหาผลเฉลยของปัญหาขนาดใหญ่ ที่มีความซับซ้อนของเงื่อนไขของระบบมาก ภายในระยะเวลาในการค้นหาผลเฉลยสั้น การนำอัลกอริทึมไปใช้ในการหาคำตอบกับปัญหาจริง สำหรับปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง เพื่อการใช้งานกับปัญหาที่สมจริงที่มีความซับซ้อนในข้อมูลจำนวนมาก และใช้เวลาในการหาคำตอบที่เหมาะสม ในส่วนนี้ผู้วิจัยพิจารณาขั้นตอนวนซ้ำเพื่อประมาณค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด โดยมีการทำงานสองขั้นตอนที่ทำงานร่วมกัน (Two-stage) เริ่มต้นที่ขั้นตอนแรกจะค้นหาคำตอบของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่สำหรับกำหนดพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกที่แบ่งเป็น 2 เขตพื้นที่ คือ พื้นที่ในเขตพื้นที่นอกเขตส่งเสริม และหาค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเขตพื้นที่ ถัดมาในขั้นตอนที่สองจะตัดสินใจว่าจะเลือกขนส่งผลผลิตจากพื้นที่รับผิดชอบของ

เกษตรกรและปริมาณการขนส่งที่เหมาะสม มอบหมายสถานีรถบรรทุกเพื่อขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลในแต่ละสถานการณ์และช่วงเวลาเหมาะสมไปยังโรงงานน้ำตาล รวมถึงจำนวนของอ้อยเหลือค้างไว้ที่ส่งผลต่อค่าต้นทุนที่คาดหวัง แนวทางการทำงานอธิบายไว้ดังรูปที่ 3.3 ที่แสดงถึงกระบวนการทำงานของอัลกอริทึมการรอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกสำหรับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง โดยอัลกอริทึมดังกล่าวดำเนินการโดยใช้กระบวนการของอัลกอริทึมการรอบเหนียว ที่จะปรับปรุงและพัฒนาผลเฉลยผ่านขั้นตอนการวนซ้ำหลายครั้ง เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนการวนซ้ำครั้งสุดท้าย และนำหลักการฮิวริสติกมาใช้สำหรับการสร้างคำตอบเริ่มต้นและสร้างคำตอบใกล้เคียง



รูปที่ 3.3 กระบวนการทำงานของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกสำหรับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่เขตและปริมาณการขนส่ง

เริ่มต้นใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว ที่ดำเนินการผ่านขั้นตอนวนซ้ำสำหรับค้นหาคำตอบในแต่ละรอบ จนกว่าจะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดจึงต้องผ่านการวนซ้ำจำนวนหลายรอบ ทำให้การหาคำตอบจะพิจารณาปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปัญหาปริมาณขนส่งไปพร้อมกัน โดยฮิวริสติกถูกนำมาใช้เพื่อการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) ปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง คำตอบของปัญหาจะวิเคราะห์ในเทอมของค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดให้สอดคล้องกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่แสดงในสมการที่ (3.1) ที่ประกอบไปด้วย 7 ส่วน ในส่วนที่ 1 - 3

เป็นขั้นตอนปัญหาแบ่งเขตพื้นที่ ได้แก่ บริการให้กู้ยืมเงินลงทุนแก่เกษตรกรและค่าจ้างต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ ตามลำดับ และส่วนที่ 4 - 7 เป็นขั้นตอนปัญหาปริมาณขนส่ง ได้แก่ ต้นทุนการเก็บเกี่ยวอ้อย ต้นทุนติดตั้งในการขนส่ง ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการเก็บอ้อยค้ำไร่ ตามลำดับ ที่จะขึ้นอยู่กับผลผลิตอ้อยที่จะเกิดขึ้นจากความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์นั้น ๆ รวมทั้งสมการข้อจำกัดดังสมการที่ (3.2) - (3.24) การสร้างคำตอบเริ่มต้นจะนำไปสู่การสร้างคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood solution) ในแต่ละการวนซ้ำ เมื่อผลเฉลยวนซ้ำดำเนินไปต่อเนื่องหลายรอบจะทำให้ผลเฉลยใกล้เคียงนั้นเข้าใกล้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Best solution) การวนซ้ำจะหยุดรอบต่อเมื่อเข้าสู่เงื่อนไขสถานะสมดุล เงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึม จึงทำให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยขั้นตอนของอัลกอริทึมการรอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกประกอบไปด้วย ขั้นตอนที่ 1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น ขั้นตอนที่ 2 การสร้างคำตอบเริ่มต้นใกล้เคียง ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงคำตอบในสถานะสมดุล ผ่านการวนซ้ำจำนวนหลายรอบและปรับปรุงคำตอบในขั้นตอนที่ 2 และ ขั้นตอนที่ 3 จนเข้าเงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึมที่ขั้นตอนที่ 4 ซึ่งขั้นตอนพัฒนาอัลกอริทึมจะกล่าวถึงในส่วนถัดไป

อัลกอริทึมที่ 1 ขั้นตอนของอัลกอริทึมการรอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้น สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) แบ่งเป็น คำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่ง จากนั้นบันทึกคำตอบปัจจุบัน (Current solution) ที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Best solution) และบันทึกค่าคาดหวังต้นทุนรวม (Fitness) ที่ได้จากคำตอบปัจจุบันในขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้นของอัลกอริทึม ได้แก่ จำนวนรอบเริ่มต้น จำนวนรอบสิ้นสุด อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 3 เริ่มต้นรอบการวนซ้ำ เริ่มต้นที่รอบการวนซ้ำ (n (number of iterations) = 1) กำหนดอุณหภูมิที่อุณหภูมิปัจจุบัน (T) กำหนดคำตอบที่ดีที่สุด คำตอบปัจจุบัน และค่าคาดหวังต้นทุนรวมปัจจุบันที่ได้จากคำตอบปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 4 สร้างคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood solution) ของคำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่ง เพื่อได้คำตอบที่ส่งผลให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำกว่าคำตอบคำตอบที่ดีที่สุดขั้นตอนที่ 3 เมื่อผ่านเงื่อนไขสถานะสมดุล ที่มีเงื่อนไขยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบเพื่อเข้าสู่การวนซ้ำครั้งถัดไปเมื่อคำตอบปัจจุบันดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุดที่บันทึกไว้ก่อนหน้านี้ หรือถ้าคำตอบปัจจุบันไม่ดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด จะใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ยอมรับการเคลื่อนที่ เมื่อยอมรับจะบันทึกคำตอบปัจจุบันใช้ในการวนซ้ำครั้งถัดไป แต่ไม่เปลี่ยนแปลงคำตอบที่ดีที่สุด จากนั้นบันทึกคำตอบใกล้เคียงให้เป็นคำตอบปัจจุบันและคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อใช้ใน

การวนซ้ำรอบถัดไป ($n = n + 1$) และเกิดเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ หากไม่ยอมรับคำตอบทำขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อขั้นตอนที่ 2 - 4 วนซ้ำต่อไปจนเข้าเงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึม (1. เมื่ออุณหภูมิปัจจุบันถึงอุณหภูมิสุดท้าย 2. เมื่อจำนวนรอบการวนซ้ำปัจจุบันถึงจำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุด และ 3. เมื่อถึงจำนวนค่าสูงสุดที่รอบการวนซ้ำไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุด) จะเลือกคำตอบที่ดีที่สุด ที่ผลต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำสุด จบการทำงานของอัลกอริทึม

3.4.1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น

คำตอบเริ่มต้น (Initial solution) เป็นคำตอบแรกที่ใช้สำหรับเริ่มอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียว และใช้สำหรับสร้างคำตอบใกล้เคียงในขั้นตอนการวนซ้ำในแต่ละรอบ เพื่อให้คำตอบดีขึ้น จนกว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แบ่งออกเป็นคำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่ง ซึ่งขั้นตอนการสร้างคำตอบเริ่มต้นมีดังต่อไปนี้

3.4.1.1 คำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่

ผู้วิจัยสร้างคำตอบเริ่มต้นโดยใช้วิธีการสุ่มคำตอบ ดังในรูปที่ 3.4 ซึ่งนำเสนอการแสดงคำตอบของเขตพื้นที่ โดยสร้างเขตพื้นที่โดยการสุ่มสำหรับสถานีรถบรรทุก (j) และพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) โดยอิงตามเขตพื้นที่ (k) โดยกำหนดให้ A (พื้นที่ในเขตส่งเสริม) และ B (พื้นที่นอกเขตส่งเสริม) คำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ทำได้โดยการสุ่มมอบหมายเขตพื้นที่ให้กับพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุก และมีการตรวจสอบปริมาณผลผลิตอ้อยในอัตราส่วนพื้นที่ในเขตและนอกเขตส่งเสริม หากถูกต้องตามเงื่อนไขจะยอมรับเป็นคำตอบเริ่มต้น หากไม่ยอมรับเงื่อนไขจะทำการสุ่มใหม่จนกว่ายอมรับคำตอบตามอัลกอริทึมที่ 2

อัลกอริทึมที่ 2 การสร้างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่

ขั้นตอนที่ 1 สร้างอาร์เรย์ (Array) ที่ใช้เก็บข้อมูลจำนวนเท่ากับผลรวมของจำนวนสถานีรถบรรทุก (j) และจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) โดยคำตอบที่ได้จะถูกเก็บไว้ในอาร์เรย์

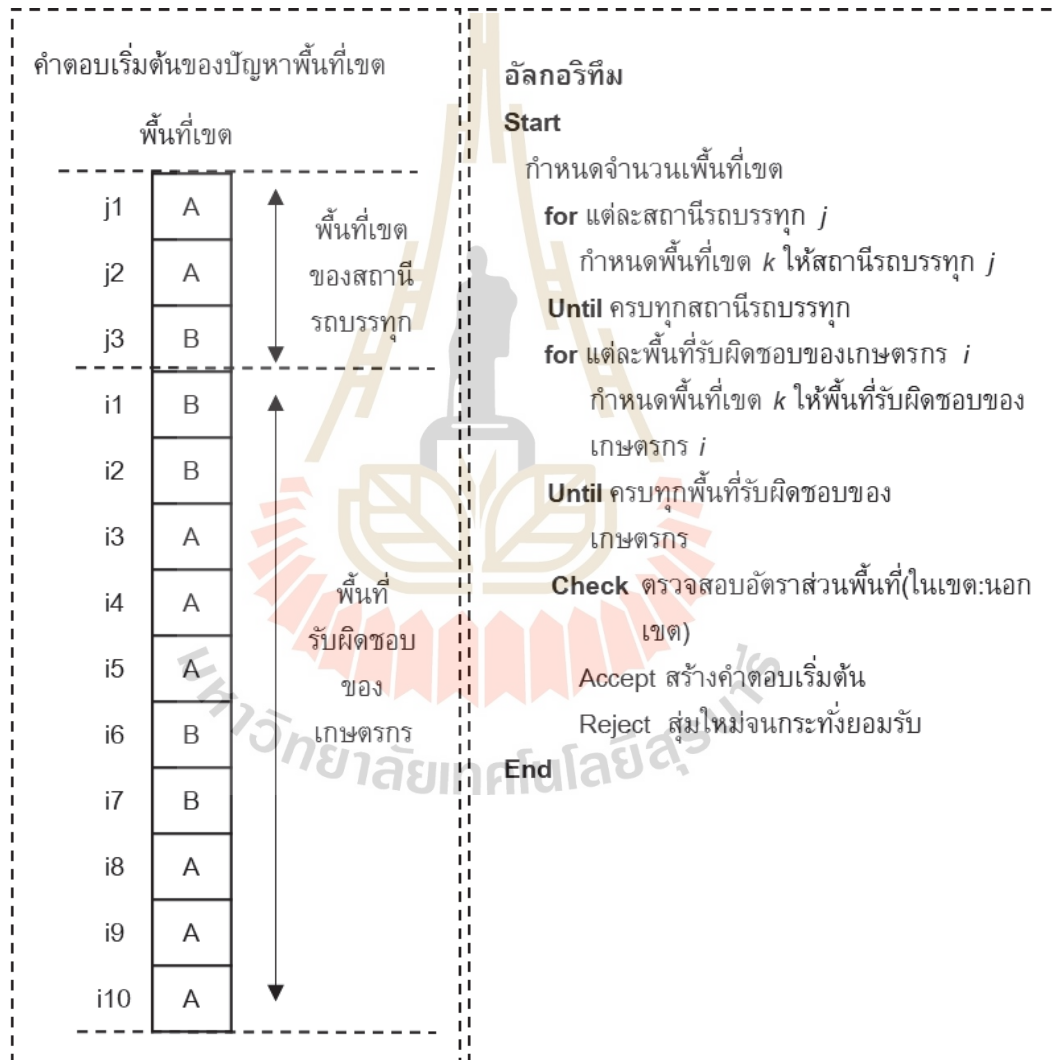
ขั้นตอนที่ 2 กำหนดจำนวนของเขตพื้นที่ (k) เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k=A$) และพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k=B$) โดยกำหนดอัตราส่วนพื้นที่ในเขต : พื้นที่นอกเขตส่งเสริม ตามสมมติฐานที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับแต่ละสถานีรถบรรทุก (j) ทำการจัดสรรพื้นที่เขต (k) ให้กับทุกสถานีรถบรรทุก (j) ตามอัตราส่วนเขตพื้นที่ (k) ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 สำหรับแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) ทำการจัดสรรพื้นที่เขต (k) ให้กับทุกสถานีรถบรรทุก (j) ตามอัตราส่วนเขตพื้นที่ (k) ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 5 ทำการตรวจสอบคำตอบของพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) และสถานีรถบรรทุก (j) มีการกำหนดเขตพื้นที่ (k) ตามอัตราส่วนเขตพื้นที่ในเขต : นอกเขตส่งเสริมตามที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 6 หากการตรวจสอบในขั้นตอนที่ 5 ถูกต้อง จะทำการยอมรับคำตอบเริ่มต้นของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่ หากการตรวจสอบไม่ถูกต้อง จะทำขั้นตอนที่ 2 – 5 อีกรอบ จนกว่าคำตอบจะถูกยอมรับ



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และอัลกอริทึมการสร้างคำตอบ

3.4.1.2 ผลเฉลยเริ่มต้นของปัญหาปริมาณการขนส่ง

เริ่มต้นโดยใช้วิธีสติกในการเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่ถูกกำหนดให้เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยและขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล ซึ่งเกณฑ์จะพิจารณาจากระยะทางระหว่างพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรแต่ละรายกับโรงงานน้ำตาล รวมถึงปริมาณผลผลิตอ้อยตามพื้นที่ดังกล่าวด้วย พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่อยู่ใกล้โรงงานและมีผลผลิตสูงจะมีโอกาสถูกเลือกเพื่อเก็บเกี่ยวและขนส่งสูงกว่าพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่อยู่ไกลและผลผลิตต่ำ โดยคะแนนที่ใช้ในการเลือกจะใช้กฎเลือกพื้นที่ที่ใกล้ที่สุดก่อน (The Closest Rule) โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนตามตารางที่ 3.2 ที่อธิบายถึงคะแนนในการเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ซึ่งพื้นที่ที่มีคะแนนสูงจะมีโอกาสถูกเลือกกำหนดให้เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยและขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาลมากกว่าพื้นที่ที่คะแนนต่ำ ให้คะแนนตามปริมาณผลผลิตอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร และระยะทางจากพื้นที่ดังกล่าวกับโรงงานน้ำตาล โดยสมมติฐานกำหนดให้ความสำคัญของปริมาณผลผลิตอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกต่อระยะทางการขนส่งที่ร้อยละ 30 ต่อ 70 ตามลำดับ ตัวอย่างการให้คะแนนแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ให้คะแนนสำหรับเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเพื่อขนส่งผลผลิตอ้อย

คะแนน	ปริมาณผลผลิตอ้อย (ตัน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
5	มากกว่า 46	0 - 10
4	36 - 45	11 - 20
3	26 - 35	21 - 30
2	16 - 25	31 - 40
1	0 - 15	มากกว่า 41

จากคะแนนการเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรในการขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล นำไปสู่การสร้างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่ง รูปที่ 3.5 แสดงคำตอบเริ่มต้นปัญหาปริมาณขนส่ง ขั้นตอนการสร้างผลเฉลยเริ่มต้นแสดงดังอัลกอริทึม 2 เพื่อสร้างคำตอบของปริมาณรอบการขนส่ง (q) ของแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ช่วงเวลา t ในสถานการณ์ l ซึ่งปริมาณผลผลิตอ้อยที่จะถูกขนส่งในแต่ละพื้นที่จะเท่ากับผลคูณของปริมาณรอบการขนส่ง (q) กับปริมาณกำลังการขนส่งต่อรอบของรถบรรทุก (α) โดยที่ปริมาณการขนส่งของแต่ละพื้นที่จะต้องเท่ากับหรือ

น้อยกว่าผลผลิตอ้อยตามแผนเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร (m_{itl}) จากนั้นมีการตรวจสอบคำตอบ q เพื่อให้แน่ใจว่ามีปริมาณอ้อยที่ใช้ขนส่งน้อยกว่าหรือเท่ากับผลรวมของผลผลิตอ้อยตามแผนเพาะปลูกในช่วงเวลานั้นกับอ้อยค้างที่เหลืออยู่จากช่วงเวลาก่อนหน้า (h_{t-1}) ในขั้นตอนสุดท้าย จะสร้างคำตอบ q แบบสุ่มค่าสำหรับแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ช่วงเวลา t และสถานการณ์ l คำตอบเริ่มต้นมีการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจปริมาณอ้อยที่ขนส่งต้องไม่เกินกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาลในช่วงเวลา t นั้น

ตารางที่ 3.3 คะแนนสำหรับเลือกพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกรเพื่อขนส่งผลผลิตอ้อย

พื้นที่ที่รับผิดชอบของ เกษตรกร (i)	คะแนนส่วนปริมาณ ผลผลิตอ้อย	คะแนนส่วน ระยะทาง	คะแนนรวม
1	5	3	7.2
2	3	2	4.6
3	5	2	5.8
4	2	2	4
5	1	3	4.8
...
598	3	3	6
599	1	2	3.4
600	4	4	8

อัลกอริทึมที่ 3 การสร้างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่ง

ขั้นตอนที่ 1 สร้างอาร์เรย์ (Array) ที่ใช้เก็บข้อมูลจำนวนเท่ากับผลคูณจำนวนพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) ช่วงเวลา (t) และสถานการณ์ (l) โดยคำตอบ q_{ijt} ที่ได้จะถูกเก็บไว้ในอาร์เรย์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มคำตอบของแต่ละ q_{ijt} เป็นจำนวนเต็มบวก โดยที่ q ต้องมีค่าไม่เกินปริมาณผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ (m_{itl}) รวมกับปริมาณอ้อยค้าง (h_{itl}) จากช่วงเวลาก่อนหน้า ในแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร ($q \leq (m+h_{t-1}) / \alpha$)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการตรวจสอบ q หากมีค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับผลผลิตอ้อยที่พื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร โดยที่ ($q \leq (m+h_{t-1}) / \alpha$) จะทำการยอมรับคำตอบ หาก q มีค่ามากกว่า

ขั้นตอนที่ 3 ทำการตรวจสอบ q หากมีค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับผลผลิตอ้อยที่พื้นที่
 รับผิดชอบของเกษตรกร โดยที่ $(q \leq (m+h_{t-1}) / \alpha)$ จะทำการยอมรับคำตอบ หาก q มีค่ามากกว่า
 ผลผลิตอ้อยดังกล่าว จะไม่ยอมรับคำตอบ และจะทำขั้นที่ 2 – 3 อีก จนกว่าจะยอมรับคำตอบ

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณอ้อยที่เหลือจากการขนส่งในช่วงเวลา (t)

ขั้นตอนที่ 6 ทำการสุ่มคำตอบของแต่ละ q_{ijtl} จนครบได้คำตอบ q ของทุกพื้นที่ที่รับผิดชอบ
 ของเกษตรกร (i) ช่วงเวลา (t) และสถานการณ์ (l)

ขั้นตอนที่ 5 ทำการตรวจสอบคำตอบ q_{ijtl} ผลรวมของผลผลิตที่ถูกขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล
 ในช่วงเวลา (t) ต้องไม่เกินแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล

ขั้นตอนที่ 6 หากการตรวจสอบในขั้นตอนที่ 5 ถูกต้อง จะทำการยอมรับคำตอบเริ่มต้นของ
 ปัญหาปริมาณขนส่ง หากการตรวจสอบไม่ถูกต้อง จะทำขั้นตอนที่ 2 – 6 อีกรอบ จนกว่าคำตอบจะ
 ถูกยอมรับ

ช่วงเวลา	q	สถานการณ์	พื้นที่
t1	2		
t2	2	l1	
t3	0		i1
t1	1		
t2	1	l2	
t3	1		i2
t1	2		
t2	2	l1	
t3	3		i2
t1	2		
t2	1	l2	
t3	3		i2

อัลกอริทึม

Start

for แต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i
 ในแต่ละ ช่วงเวลา t และสถานการณ์ l
 สุ่ม q เป็นจำนวนเต็มบวกโดยที่ ;
 $q \leq (m+h) / \alpha$
Check if $q \leq (m+h$ ในช่วงเวลา $t-1)/\alpha$
 accept q
 else สุ่ม q จนกระทั่งยอมรับ
 คำนวณจำนวนอ้อยค้างไว้
 i++, *t++*, *l++*
until ครบทุก l, j และ l
check กำลังการผลิตโรงงานน้ำตาล
 Accept สร้างคำตอบเริ่มต้น
 Reject สุ่มใหม่จนกระทั่งยอมรับ

End

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างคำตอบเริ่มต้นของปัญหาปริมาณขนส่งและอัลกอริทึมการสร้างคำตอบ

3.4.2 การปรับปรุงคำตอบ

การปรับปรุงคำตอบการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง เป็นขั้นตอนที่ค้นหาคำตอบที่ผ่านขั้นตอนการวนซ้ำได้คำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดเมื่อจำนวนการวนซ้ำเพิ่มขึ้น ทำได้โดยใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว (SA) โดยสร้างคำตอบใกล้เคียงโดยอิงจากคำตอบก่อนหน้าผ่านขั้นตอนการวนซ้ำ โดยจะพิจารณาคำตอบที่จำกัดตามเงื่อนไขของสถานะสมดุลและเงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึม ในแต่ละรอบการวนซ้ำจะมีการปรับปรุงคำตอบผ่านการสร้างคำตอบใกล้เคียง เพื่อใช้ในการวนซ้ำครั้งถัดไปให้ได้คำตอบที่เหมาะสม เมื่อผ่านการวนซ้ำหลายรอบและสิ้นสุดเงื่อนไขการหยุด อัลกอริทึมจะเลือกคำตอบที่ดีที่สุด โดยขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบมีดังต่อไปนี้

3.4.2.1 การสร้างคำตอบใกล้เคียง

คำตอบใกล้เคียงสามารถสร้างขึ้นได้จากคำตอบเริ่มต้น ซึ่งประกอบด้วยคำตอบของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง ในการสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาเขตพื้นที่ จะสุ่มเลือก 1 ตำแหน่งในอาร์เรย์ของคำตอบและเปลี่ยนค่าจาก A เป็น B หรือจาก B เป็น A ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งสุ่มอาร์เรย์ได้ตำแหน่งที่ 7 นับจากบนลงล่าง และสำหรับการสร้างคำตอบใกล้เคียงของปริมาณขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยจะสุ่มเลือก 1 ตำแหน่งในอาร์เรย์ ซึ่งตัวอย่างทำการสุ่มอาร์เรย์ที่ 7 จากนั้นแทนที่ปริมาณรอบการขนส่ง (q) ด้วยค่าใหม่ ซึ่งอาจเพิ่มหรือลดหนึ่งค่าจากปริมาณรอบการขนส่งก่อนหน้าที่เลือก ต้องมีการตรวจสอบปริมาณอ้อยที่ขนส่งเพื่อให้แน่ใจว่าการแก้ปัญหาใหม่เป็นไปได้ ซึ่งหมายความว่า จะต้องเท่ากับหรือน้อยกว่าผลผลิตอ้อยตามแผนเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละสถานการณ์ในแต่ละช่วงเวลา ตามการตรวจสอบดังอัลกอริทึมที่ 2 ในรูปที่ 3.5 และเมื่อถึงขั้นตอนการวนซ้ำครั้งถัดไป จะใช้คำตอบใกล้เคียงครั้งล่าสุดในการหาคำตอบใกล้เคียงในขั้นตอนการวนซ้ำครั้งหน้า

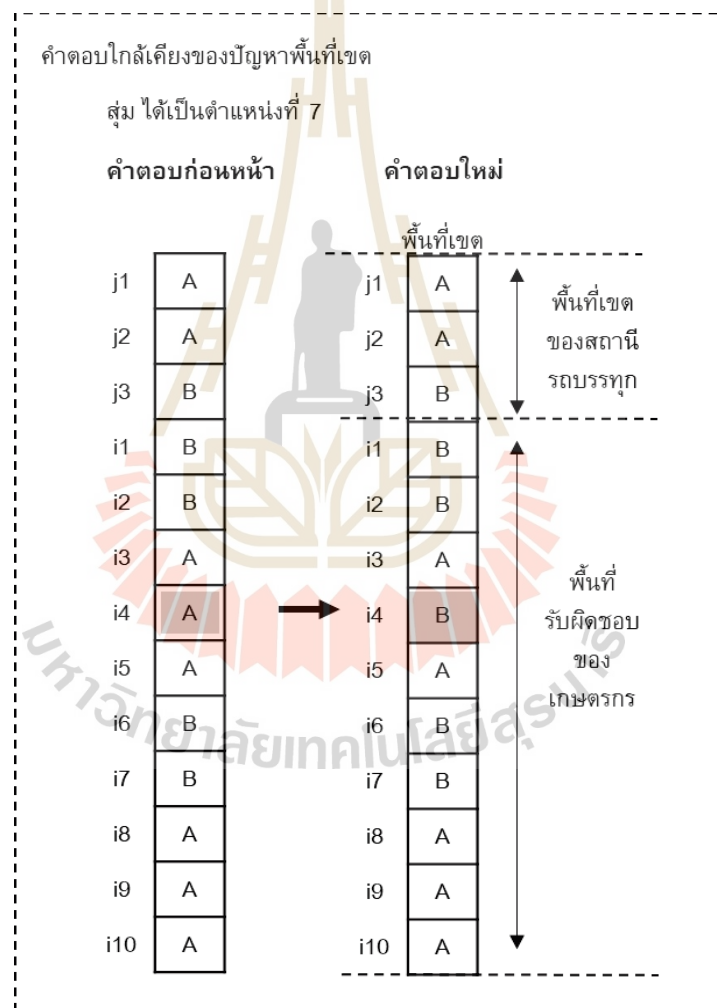
อัลกอริทึมที่ 4 สร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่

ขั้นตอนที่ 1 เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการวนซ้ำ คำตอบเริ่มต้น (รอบการวนซ้ำเท่ากับหนึ่ง) หรือคำตอบใกล้เคียงของปัญหาเขตพื้นที่ครั้งล่าสุด (รอบการวนซ้ำมากกว่าหนึ่ง) จะถูกใช้เป็นคำตอบปัจจุบันในรอบการวนซ้ำครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มตำแหน่งของอาร์เรย์จากจำนวนตำแหน่งของอาร์เรย์ทั้งหมดจำนวนหนึ่งค่า ซึ่งเป็นจำนวนมีค่าตั้งแต่หนึ่งจนถึงผลรวมของผลรวมของจำนวนสถานีรถบรรทุก (j) และจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) โดยจะทำการสุ่มตำแหน่งที่มีคะแนนสำหรับเลือกเขตพื้นที่ช่วงคะแนน 3-7 จากตารางที่ 3.3 (ตำแหน่งที่มีคะแนนน้อยกว่า 3 จะถูกกำหนดให้คำตอบเท่ากับ $k = B$ และตำแหน่งที่มีคะแนนมากกว่า 7 จะถูกกำหนดให้คำตอบเท่ากับ $k = A$)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสลับคำตอบเป็นค่าตรงข้ามที่ตำแหน่งอาร์เรย์ที่ถูกสุ่มในขั้นตอนที่ 2 ตัวอย่างเช่น หากสุ่มได้ตำแหน่งอาร์เรย์ที่ 7 เป็นพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ($i = 4$) ถูกจัดสรรให้เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) จะถูกสลับคำตอบเป็นค่าตรงข้าม คือ ถูกจัดสรรให้เป็นพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k = B$)

ขั้นตอนที่ 4 จบขั้นตอนการสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาเขตพื้นที่ คำตอบจะถูกกำหนดให้เป็นคำตอบใกล้เคียงของปัญหาเขตพื้นที่ครั้งล่าสุดสำหรับใช้ในขั้นตอนวนซ้ำครั้งถัดไป (รอบการวนซ้ำมากกว่าหนึ่ง)



รูปที่ 3.6 การสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่

อัลกอริทึมที่ 5 สร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณขนส่ง

ขั้นตอนที่ 1 เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการวนซ้ำ คำตอบเริ่มต้น (รอบการวนซ้ำเท่ากับหนึ่ง)

หรือคำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณขนส่งครั้งล่าสุด (รอบการวนซ้ำมากกว่าหนึ่ง) จะถูกใช้เป็นคำตอบปัจจุบันในรอบการวนซ้ำครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มตำแหน่งของอาร์เรย์จากจำนวนตำแหน่งของอาร์เรย์ทั้งหมดจำนวนหนึ่งค่า ซึ่งเป็นจำนวนมีค่าตั้งแต่หนึ่งจนถึงผลคูณของจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) จำนวนช่วงเวลา (t) และจำนวนสถานการณ์ (l)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเปลี่ยนค่าของคำตอบที่เพิ่มขึ้นหนึ่งค่าหรือลดลงหนึ่งค่า ที่ตำแหน่งอาร์เรย์ที่ถูกสุ่มในขั้นตอนที่ 2 ตัวอย่างเช่น หากสุ่มได้ตำแหน่งอาร์เรย์ที่ 7 เป็นคำตอบ $q_{ijtl} = 2$ พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ($i = 2$) จำนวนช่วงเวลา ($t = 1$) และจำนวนสถานการณ์ ($l = 1$) จะถูกเปลี่ยนค่าของคำตอบโดยเพิ่มจากเดิมหนึ่งค่า คือ คำตอบ $q_{ijtl} = 2 + 1 = 3$

ขั้นตอนที่ 4 จบขั้นตอนการสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณขนส่ง คำตอบจะถูกกำหนดให้เป็นคำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณขนส่งครั้งล่าสุดสำหรับใช้ในขั้นตอนวนซ้ำครั้งถัดไป (รอบการวนซ้ำเดิบบวกหนึ่ง)

คำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณขนส่ง
สุ่ม ได้เป็นตำแหน่งที่ 7

คำตอบก่อนหน้า				คำตอบใหม่			
ช่วงเวลา	q	สถานการณ์	พื้นที่	ช่วงเวลา	q	สถานการณ์	พื้นที่
t1	2		i1	t1	2		i1
t2	2	i1		t2	2	i1	
t3	0			t3	0		
t1	1		i2	t1	1		i2
t2	1	i2		t2	1	i2	
t3	1			t3	1		
t1	2		i2	t1	3		i2
t2	2	i1		t2	2	i1	
t3	3			t3	3		
t1	2		i2	t1	2		i2
t2	1	i2		t2	1	i2	
t3	3			t3	3		

$q+1$

รูปที่ 3.7 การสร้างคำตอบใกล้เคียงของปัญหาปริมาณการขนส่ง

3.4.2.2 เงื่อนไขสถานะสมดุล

เพื่อให้ได้คำตอบใหม่ที่ดีขึ้น โดยเกิดจากการสร้างคำตอบใกล้เคียงผ่านการวนซ้ำจนหลายรอบจนได้คำตอบที่ดีที่สุดที่เป็นการขั้นตอนการวนซ้ำครั้งสุดท้าย จึงได้กำหนดเงื่อนไขสถานะสมดุล ผ่านการดำเนินการผ่าน 3 ขั้นตอน คือ 1. กำหนดอุณหภูมิเริ่มต้น 2. กำหนดอุณหภูมิสุดท้าย ที่ได้จากการทดลองหาค่าที่เหมาะสมทั้งอุณหภูมิเริ่มต้นและสุดท้าย โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) และ 3. การยอมรับการเคลื่อนที่ โดยอุณหภูมิจะลดลงเมื่อเกิดขั้นตอนการวนซ้ำในครั้งถัดไปตามอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว สำหรับการยอมรับคำตอบเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของคำตอบให้เกิดการวนซ้ำครั้งถัดไปจะพิจารณาผ่านฟังก์ชันความน่าจะเป็น ให้ออมรับความน่าจะเป็นของคำตอบใกล้เคียงและทำการวนซ้ำในครั้งถัดไปดังสมการที่ (3.25) และการลดลงของอุณหภูมิเมื่อมีการยอมรับคำตอบในการขั้นตอนวนซ้ำในการสร้างคำตอบใกล้เคียงครั้งถัดไปแสดงดังสมการที่ (3.26) โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในสมการดังกล่าวได้จากการทดลองเพื่อให้ค่าที่เหมาะสม ซึ่งขั้นตอนของสถานะสมดุลแสดงดังรูปที่ 3.8 ทำให้เกิดการปรับปรุงคำตอบและอุณหภูมิ

$$P(\Delta s, T) = e^{-\frac{(f(s')-f(s))}{T}} > R \quad (3.25)$$

$$T = \alpha T \quad (3.26)$$

อัลกอริทึมที่ 6 การทำงานของอัลกอริทึมเพื่อให้เข้าสู่สถานะสมดุล

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้น สำหรับขั้นตอนการวนซ้ำปัจจุบัน เมื่อสามารถหาคำตอบใกล้เคียงและค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดหรือค่าฟิตเนส (Fitness) ในหัวข้อที่ 3.4.2.1 จะทำการเปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดหรือค่าฟิตเนสจากการวนซ้ำปัจจุบันเทียบกับค่าฟิตเนสที่ถูกบันทึกไว้ก่อนหน้าว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ถ้าค่าฟิตเนสในการวนซ้ำปัจจุบันมีค่าน้อยกว่า จะถูกการยอมรับและบันทึกคำตอบใกล้เคียงและค่าฟิตเนสให้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแทนของเดิม พร้อมกับปรับปรุงปรับปรุงค่าอุณหภูมิสำหรับการวนซ้ำครั้งถัดไป ดังสมการที่ (3.26) โดยที่ T หมายถึง อุณหภูมิปัจจุบัน และ α หมายถึง ค่าหนึ่งที่กำหนดให้คุณกับค่าอุณหภูมิปัจจุบัน เมื่อมีการปรับปรุงอุณหภูมิ หากถ้าหากค่าฟิตเนสในการวนซ้ำปัจจุบันมีค่ามากกว่าของเดิม ให้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 และ 3

ขั้นตอนที่ 2 กรณีที่ค่าฟิตเนสจากคำตอบใกล้เคียงในการวนซ้ำปัจจุบันมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าฟิตเนสที่บันทึกไว้ก่อนหน้า จะทำการหาความน่าจะเป็นที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ออกจาก

ขั้นตอนการวนซ้ำ ดังสมการที่ (3.25) โดยที่ P หมายถึง ความน่าจะเป็นให้ยอมรับการเคลื่อนที่ของ ขั้นตอนวนซ้ำปัจจุบัน, $f(s')$ หมายถึง ค่าฟิตเนสที่ถูกบันทึกไว้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดขั้นตอนวนซ้ำก่อนหน้า, $f(s)$ หมายถึง ค่าฟิตเนสที่ได้จากขั้นตอนวนซ้ำปัจจุบัน, T หมายถึง อุณหภูมิในปัจจุบัน และ R หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ให้ยอมรับการเคลื่อนที่ไปยังขั้นตอนวนซ้ำครั้งถัดไป โดยกำหนดให้ $R = 0.5$ เมื่อคำนวณค่า P แล้วพบว่ามากกว่า R คำตอบใกล้เคียงและค่าฟิตเนสปัจจุบันจะถูกยอมรับโดย บันทึกคำตอบใกล้เคียงและค่าฟิตเนสให้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดแทนของเดิม พร้อมกับปรับปรุงอุณหภูมิ สำหรับการวนซ้ำครั้งถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 กรณีที่ค่าฟิตเนสจากคำตอบใกล้เคียงในการวนซ้ำปัจจุบันมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าฟิตเนสที่บันทึกไว้ก่อนหน้า จะทำการหาความน่าจะเป็นที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ออกจาก ขั้นตอนการวนซ้ำ ดังสมการที่ (3.25) เมื่อคำนวณค่า P แล้วพบว่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ R คำตอบ ใกล้เคียงและค่าฟิตเนสปัจจุบันจะไม่ถูกยอมรับ โดยไม่บันทึกคำตอบใกล้เคียงและค่าฟิตเนสให้เป็น คำตอบที่ดีที่สุดแทนของเดิม ไม่ปรับปรุงอุณหภูมิสำหรับการวนซ้ำครั้งถัดไป แต่จะใช้คำตอบใกล้เคียง ค่าฟิตเนส และอุณหภูมิของเดิมในการวนซ้ำครั้งถัดไป

อัลกอริทึม การยอมรับการเคลื่อนที่

Start

สภาวะสมดุล

if คำตอบใกล้เคียง < คำตอบที่ดีที่สุด

accept คำตอบใกล้เคียง เป็น คำตอบที่ดีที่สุด

อัปเดตอุณหภูมิปัจจุบันในสมการที่ (3.26)

elseif คำตอบใกล้เคียง \geq คำตอบที่ดีที่สุด

ยอมรับการเคลื่อนที่ ($P > R$)

accept คำตอบใกล้เคียง เป็น คำตอบที่ดีที่สุด

อัปเดตอุณหภูมิปัจจุบันในสมการที่ (3.26)

ไม่ยอมรับการเคลื่อนที่ ($P \leq R$)

reject คำตอบใกล้เคียง เป็น คำตอบที่ดีที่สุด

ไม่อัปเดตอุณหภูมิปัจจุบัน

End

รูปที่ 3.8 การทำงานอัลกอริทึมเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล

สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของในสมการที่ (3.25) และ (3.26) หาค่าเหมาะสมได้โดยใช้ โดยหลักการออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE) ได้แก่ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสุดท้าย ตัวแปร R และ ตัวแปร α โดยจะกล่าวถึงการทดลองหาค่าที่เหมาะสมในหัวข้อที่ 4.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก

3.4.2.3 เงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึม

เมื่อผ่านขั้นตอนการวนซ้ำหลายรอบ คำตอบจะเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด อุณหภูมิจะลดลงจนถึงอุณหภูมิสุดท้ายและไม่มีการเคลื่อนที่วนซ้ำของคำตอบ โดยที่ค่าที่ต้องกำหนด แสดงดังตารางที่ 3.6 จึงมีเงื่อนไขการหยุดอัลกอริทึมโดยอธิบายได้ดังนี้

- 1) เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด หรืออุณหภูมิสุดท้าย
- 2) เมื่อมีเกิดจำนวนรอบการวนซ้ำตามที่กำหนด โดยที่คำตอบที่ดีที่สุดไม่เปลี่ยนแปลง
- 3) เมื่อปฏิเสธการยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบครบจำนวนที่กำหนด

โดยที่ค่าของพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิสุดท้าย จำนวนรอบการวนซ้ำ และ จำนวนปฏิเสธการยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบ จะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก

3.5 การสร้างแบบจำลองแบบแยกปัญหา

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกจึงต้องมีการเปรียบเทียบผลเฉลยหรือคำตอบ โดยวิเคราะห์จากค่าคาดหวังต้นทุนรวม ซึ่งได้จากการออกแบบแบบจำลองแบบแยกปัญหา (The separate model, SM) ซึ่งวิธีนี้ต้องหาคำตอบโดยแยกทีละปัญหา (SM) โดยต้องได้คำตอบการแบ่งเขตพื้นที่ก่อนจะหาคำตอบของปัญหาปริมาณขนส่งต่อไป ซึ่งแตกต่างจากอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (CSAH) ที่หาผลเฉลยของสองปัญหาไปพร้อมกัน ซึ่งแบบจำลองแบบแยกปัญหามีวิธีการหาผลเฉลยดังนี้

3.5.1 ออกแบบแบบจำลองแบบแยกของปัญหาแบ่งเขตพื้นที่

กำหนดให้อัตราส่วนของพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมของพื้นที่เพาะปลูกเป็น 70 ต่อ 30 (มีการทดลองปรับอัตราส่วนเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยเทียบกับอัตราส่วน 70 ต่อ 30 ที่ได้ข้อมูลจากโรงงานน้ำตาลกรณีศึกษา) ดังนั้นจึงกำหนดให้พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร และ สถานีรถบรรทุกที่อยู่ใกล้โรงงานเป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริมก่อน โดยใช้กฎเลือกพื้นที่ที่ใกล้ที่สุดก่อน (The Closest Rule) เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่ต้องการตามแผนเพาะปลูก ดังตารางที่ 3.4 แสดงถึงพื้นที่

รับผิดชอบของเกษตรกรที่ถูกจัดสรรให้อยู่ในเขตพื้นที่ตามคะแนนได้จากเกณฑ์ให้คะแนนจากตารางที่ 3.2 โดยให้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 6 เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม นอกจากนั้นเป็นพื้นที่นอกเขตส่งเสริม เนื่องจากเมื่อทำการแบ่งคะแนนจากข้อมูลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ทำให้ได้อัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริม โกล้เคียงอัตราส่วน 70 ต่อ 30 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 คะแนนสำหรับการกำหนดพื้นที่เขตของพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร

พื้นที่รับผิดชอบ ของเกษตรกร (<i>i</i>)	คะแนนส่วน ปริมาณผลผลิต อ้อย	คะแนนส่วน ระยะทาง	คะแนนรวม	เขตพื้นที่
1	5	3	8.4	ในเขต
2	3	2	5.4	นอกเขต
3	5	2	7.6	ในเขต
4	2	2	4	นอกเขต
5	1	3	3.6	นอกเขต
...
...
598	3	3	6	ในเขต
599	1	2	2.6	นอกเขต
600	4	4	8	ในเขต

3.5.2 ออกแบบแบบจำลองแบบแยกของปัญหาปริมาณการขนส่ง

เมื่อได้คำตอบจากปัญหาแบ่งเขตพื้นที่แล้ว จะหาคำตอบของปัญหาปริมาณการขนส่ง โดยมีการเลือกพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรแต่ละแห่ง ที่มีผลผลิตอ้อยสูงในแต่ละช่วงเวลาและสถานการณ์เพื่อขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล โดยคำนวณปริมาณการขนส่งแต่ละพื้นที่ที่ถูกเลือกโดยใช้หลักการปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity, EOQ) ให้ได้ปริมาณขนส่งอ้อยที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่ที่ถูกเลือก ได้ดังสมการที่ (3.27) โดยที่ S หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องต่อพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรต่อหนึ่งช่วงเวลา ได้แก่ ต้นทุนการเก็บเกี่ยว ต้นทุนการใช้งานสถานีรถบรรทุก และต้นทุนการขนส่ง ถัดมา D หมายถึง ปริมาณผลผลิตอ้อยเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ต่อช่วงเวลา และ H หมายถึง ต้นทุนการเก็บอ้อยเฉลี่ยต่อพื้นที่ต่อช่วงเวลา ดังนั้นจะปริมาณอ้อยดิบ

(EOQ) ของแต่ละพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล เพื่อที่จะให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุดตามสมการที่ (3.1)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2SD}{H}} \quad (3.27)$$

3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิจัย

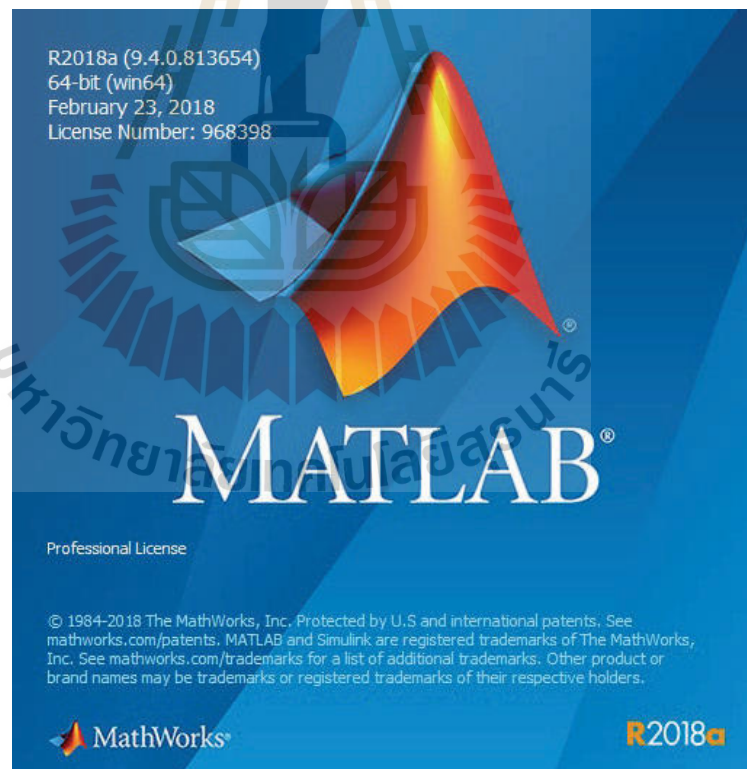
- 1) ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิจัย คือ เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาจำนวน 1 เครื่อง

3.6.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิจัย

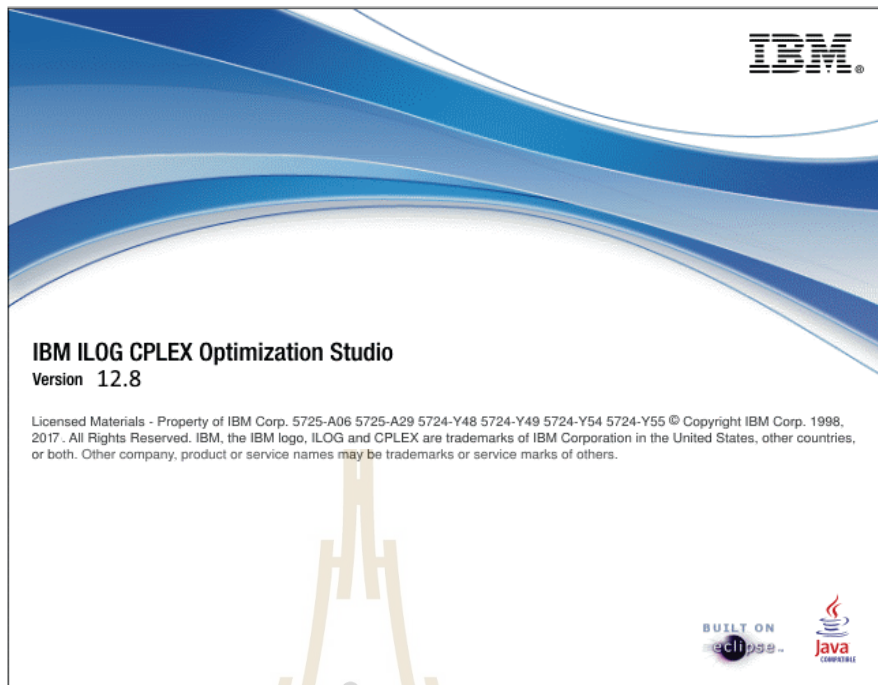
- 1) ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ (Microsoft Windows 10)
- 2) เครื่องมือจัดทำเอกสารไมโครซอฟต์ออฟฟิศ (Microsoft Office 2013) โดยที่ไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word) ใช้จัดทำวิทยานิพนธ์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ไมโครซอฟต์เพาเวอร์พอยต์ (Microsoft PowerPoint) ใช้จัดทำรูปภาพและตาราง ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล (Microsoft Excel) ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ การคำนวณคำตอบที่ได้จากแบบจำลองแบบแยกของปัญหา และการสร้างแผนภาพที่เกี่ยวข้อง
- 3) ซอฟต์แวร์เนตบิน (Minitab 16) ดังรูปที่ 3.11 เพื่อทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
- 4) ซอฟต์แวร์แมตแล็บ (MATLAB) เวอร์ชัน r2018a ดังรูปที่ 3.12 เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมการอบเหนี่ยวร่วมกับฮิวริสติกและหาผลเฉลย
- 5) ซอฟต์แวร์ IBM ILOG CPLEX Optimizer เวอร์ชัน 12.8.0 ดังรูปที่ 3.13 เพื่อหาผลเฉลยสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองสเตจสโตแคสติกส์โปรแกรมมิงของปัญหาการกำหนดพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่ง



รูปที่ 3.9 Minitab 16



รูปที่ 3.10 ซอฟต์แวร์ MATLAB เวอร์ชัน r2018a



รูปที่ 3.11 ซอฟต์แวร์ IBM ILOG CPLEX Optimizer 12.8.0

3.7 การพัฒนาแบบจำลองปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณขนส่ง โดยเพิ่มเงื่อนไขอัตราผลผลิตอ้อยขึ้นกับการตัดสินใจเป็นพื้นที่ในเขต หรือนอกเขต

3.7.1 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากหัวข้อที่ 3.2 ได้กล่าวถึงสมมติฐานแผนการเพาะปลูกอ้อย แผนการเก็บเกี่ยวอ้อย และการขนส่งอ้อย นำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการหาผลเฉลยของปัญหา เพื่อให้คำตอบที่ดีที่สุด ดังหัวข้อที่ 3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่น่าเสนอสามารถใช้สำหรับปัญหาในการแบ่งเขตพื้นที่สำหรับพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกทั้งหมดออกเป็นพื้นที่ที่กำหนด และตัดสินใจปริมาณการขนส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลให้เหมาะสม โดยพิจารณาถึงสถานการณ์ของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากผลผลิตอ้อยมีโอกาสลดลงจากแผนเพาะปลูกเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง แต่ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ไม่ได้กล่าวถึงสมมติฐานที่หากแต่ละเขตพื้นที่มีโอกาสที่จะเกิดสถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยเกิดความไม่แน่นอน นั่นคือ หากเกิดสถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยปกติและสถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อย

ลดลงของแต่ละเขตพื้นที่ที่จะส่งผลต่อการตัดสินใจไปในทางใด จึงได้ปรับปรุงสมมติฐานที่เกิดขึ้นเพิ่มเติมจากหัวข้อ 3.2 ดังต่อไปนี้

1) กำหนดพารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจดั้งเดิม จากหัวข้อที่ 3.3.2 โดยมีการปรับเปลี่ยนการตัดสินใจเลือกพารามิเตอร์ m_{itkl} และ Q_{ik} อธิบายดังข้อที่ 2) และ 3)

2) กำหนดให้พารามิเตอร์ของผลผลิตอ้อยมีการคาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกจากแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i แต่ละช่วงเวลา t ที่เขตพื้นที่ k แต่ละสถานการณ์ l โดยที่ผลผลิตอ้อยที่จะถูกเก็บเกี่ยวจากพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร จะถูกกำหนดเป็นเซตของ $m = (m_{1tkb} \dots, m_{itkb} \dots, m_{nTKL})$ ที่แสดงปริมาณผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูก

3) กำหนดให้พารามิเตอร์ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย (Q_{ik}) ที่พร้อมสำหรับเก็บเกี่ยวตามแผนเพาะปลูก ที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ทุกช่วงเวลา ที่เขตพื้นที่ k

จากการกำหนดให้พารามิเตอร์เพื่อการตัดสินใจปริมาณผลผลิตที่โอกาสเกิดขึ้นตามเขตพื้นที่และสถานการณ์ที่กำหนด ส่งผลให้มีการปรับปรุงสมการข้อจำกัดเพื่อให้ตรงกับสมมติฐานใหม่ ขณะที่สมการฟังก์ชันจุดประสงค์คงเดิมเป็นไปดังสมการที่ (3.1) เช่นเดียวกับสมการข้อจำกัด (3.2) – (3.8) และสมการข้อจำกัด (3.16) – (3.24) โดยที่สมการข้อจำกัดที่มีการปรับปรุงแสดงดังต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^n Q_{ik} z_{i,k=A} \geq \text{Limited}(k = A) \quad (3.28)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.9) ปรับเปลี่ยนเป็นสมการข้อจำกัดที่ (3.28) เพื่อแน่ใจว่าปริมาณผลผลิตอ้อยเฉลี่ยที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ที่เขตพื้นที่ $k=A$ ถูกจัดสรรเป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริมการเกษตร ($k=A$) ต้องมีปริมาณผลผลิตอ้อยมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณผลผลิตอ้อยที่ถูกจัดสรรให้อยู่ในพื้นที่ในเขต (*Limited*)

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{cap_k} Q_{ik} z_{i,k} \leq w_k \quad \forall k \quad (3.29)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.10) ปรับเปลี่ยนเป็นสมการข้อจำกัดที่ (3.29) ทำให้แน่ใจว่าจำนวนคนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญได้รับการจัดสรรให้ดูแลพื้นที่เพาะปลูกเพียงในเขตพื้นที่ k เท่านั้น

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{SPF} Q_{ik} z_{i,k} \leq v_k \quad \forall k \quad (3.30)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.11) ปรับเปลี่ยนเป็นสมการข้อจำกัดที่ (3.30) ทำให้แน่ใจว่าปริมาณการตัดสินใจปริมาณเงินส่งเสริมการเกษตรถูกจัดสรรให้กับพื้นที่เพาะปลูกเพียงในเขตพื้นที่ k เท่านั้น

$$h_{i,t=1,l} = m_{i,t=1,k,l} - \alpha \sum_{j=1}^J q_{i,j,t=1,l} \quad \forall i, l \quad (3.31)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.13) ปรับเปลี่ยนเป็นสมการข้อจำกัดที่ (3.31) จำนวนปริมาณอ้อยที่เหลือค้าง (ตัน) ซึ่งขึ้นอยู่กับผลผลิตอ้อยของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ตามเขตพื้นที่ k เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที 1 (Period)

$$h_{itl} = h_{i,t-1,l} + m_{itkl} - \alpha \sum_{j=1}^J q_{ijtl} \quad \forall i, t > 1, l \quad (3.32)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.14) ปรับเปลี่ยนเป็นสมการข้อจำกัดที่ (3.32) คล้ายกับสมการข้อจำกัดที่ (3.31) แต่จำนวนปริมาณอ้อยที่เหลือค้าง (ตัน) ของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกร i ตามเขตพื้นที่ k เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที 2 จนถึง T

$$m_{itkl} \geq \alpha \sum_{j=1}^J q_{ijtl} \quad \forall i, j, t, l \quad (3.33)$$

สมการข้อจำกัดที่ (3.15) ปรับเปลี่ยนเป็นสมการข้อจำกัดที่ (3.33) ทำให้แน่ใจว่ามีการตัดสินใจขนส่งผลผลิตในปริมาณที่ไม่เกินผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกที่พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i แต่ละช่วงเวลา t แต่ละเขตพื้นที่ k แต่ละสถานการณ์ l



บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 บทนำ

ปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง ได้มีการแก้ไขปัญหามาเพื่อหาผลเฉลยทั้ง 3 วิธีการ ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสามารถแก้ไขหาคำตอบได้โดยใช้วิธีที่หนึ่ง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองสเตจสโตแคสติกส์โปรแกรมมิง (Two-stage stochastic programming model) และจากบทก่อนหน้าได้ออกแบบวิธีที่สอง การรวมอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก (Combined Simulated Annealing Algorithm and Heuristic, (CSAH)) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่สามารถหาคำตอบเข้าใกล้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด ภายในเวลาที่เหมาะสม อีกทั้งรวมคำตอบที่ได้จากวิธีที่สามแบบจำลองแบบแยกปัญหา (The separate model, (SM)) เพื่อที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบจากอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก โดยทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมจากข้อมูลจริงโดยแบ่งการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการทั้งสามโดยแบ่ง 2 การทดสอบ คือ ทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก และทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก โดยการทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก กำหนดมีพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเป็น 8 และ 10 พื้นที่ กำหนดสถานีรถบรรทุกเป็น 2 และ 3 สถานี กำหนดช่วงเวลา (Period) เป็น 6 และ 9 ช่วง และสุดท้ายกำหนดเขตพื้นที่เป็น 2 เขต สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ กำหนดมีพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเป็น 500 และ 600 พื้นที่ กำหนดสถานีรถบรรทุกเป็น 9 และ 12 สถานี กำหนดช่วงเวลา (Period) เป็น 6 และ 9 ช่วง และสุดท้ายกำหนดเขตพื้นที่เป็น 2 เขต อีกทั้งทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ปรับปรุงโดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิมก่อนปรับปรุงในอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย การทดสอบอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกด้วยปัญหาขนาดเล็ก การทดสอบอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกด้วยปัญหาขนาดใหญ่ และทดสอบการปรับปรุงปัญหาการกำหนดพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย

4.2 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย

4.2.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก

จากหัวข้อที่ 3.4.2.2 เงื่อนไขสถานะสมดุล และหัวข้อที่ 3.4.2.3 เงื่อนไขการหยุด อัลกอริทึม ต้องการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง โดยค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของ อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับอัลกอริทึมฮิวริสติก เพื่อให้อัลกอริทึมดำเนินการผ่านการวนซ้ำเรื่อย ๆ และหยุดการทำงานของอัลกอริทึม ได้แก่ 1) ค่าอุณหภูมิเริ่มต้น 2) ค่าอุณหภูมิสุดท้าย 3) ตัวแปร α ที่จะนำไปใช้เพื่อให้อัลกอริทึมเข้าสู่สถานะสมดุลในแต่ละขั้นตอนการวนซ้ำ 4) รอบการวนซ้ำสูงสุด 5) จำนวนปฏิเสศการยอมรับการเคลื่อนที่ และ 6) ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ เริ่มต้นที่การ กำหนดค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายได้จากการทดลองหาค่าที่เหมาะสมเพื่อให้อัลกอริทึม การอบเหนียวร่วมกับอัลกอริทึมฮิวริสติกหาค่าตอบที่ได้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด (F) จากสมการที่ (3.1) โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE) โดยพบว่ามีปัจจัย (Factors) ที่เกี่ยวข้อง 2 ปัจจัย ที่มีนัยสำคัญส่งผลต่อคำตอบ คือ อุณหภูมิเริ่มต้น (T) และตัวแปร α ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองการออกแบบแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) ทั้งหมด 16 กรณี โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและตัวแปร α เป็นค่าสูงและค่าต่ำ เพื่อหาพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญมากกว่า โดยใช้ซอฟต์แวร์ Minitab 16 นำไปสู่การกำหนด ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของของค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและตัวแปร α การทดสอบนัยสำคัญของ พารามิเตอร์ดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 4.1 มีการกำหนดค่าตัวแปรเป็นค่าสูงและค่าต่ำ โดยที่อุณหภูมิ เริ่มต้น (T) = 5000 และ 10000 ตามลำดับ ส่วนตัวแปร $\alpha = 0.6$ และ 0.9 ตามลำดับ โดยทดลอง ทั้งหมด 16 กรณี โดยมีการสุ่มลำดับการทดลองเพื่อให้เกิดการกระจายตัวของคำตอบ โดยผลลัพธ์ของ คำตอบแสดงในรูปของค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด (F) จากนั้นนำผลที่ได้จากตารางที่ 4.1 ทำการ วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด (F) โดยแสดงการวิเคราะห์ปัจจัยในตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิเริ่มต้นและตัวแปร α ในระดับการยอมรับที่นัยสำคัญที่ 0.05 โดยวิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์ดังกล่าวด้วยค่า P-value ได้แก่ P-value ของอุณหภูมิเริ่มต้น ตัวแปร α และอุณหภูมิเริ่มต้น*ตัวแปร α พบว่าปัจจัยตัวแปร α เป็นปัจจัยหลักส่งผลกระทบต่อค่า คาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ที่มีค่า P-value ที่ 0.00 ขณะที่ปัจจัยอุณหภูมิเริ่มต้นมีค่า P-value ที่ 0.518 และอุณหภูมิเริ่มต้น*ตัวแปร α มีค่า P-value ที่ 0.461 ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองหาค่าตัวแปร α เพื่อหาค่าที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.3 เริ่มทดลองรันผลลัพธ์ทั้งหมด 10 ครั้งต่อหนึ่งค่าตัวแปรที่เปลี่ยน โดยค่าตัวแปร α ได้แก่ 0.6, 0.7, 0.8, และ 0.9 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าอุณหภูมิเริ่มต้นคงที่เท่ากับ 5000 โดยผลลัพธ์แสดงผลในค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด (F)

ตารางที่ 4.1 การทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์อุณหภูมิของอุณหภูมิเริ่มต้นและตัวแปร α

ลำดับที่	ลำดับการทดสอบ	อุณหภูมิ (T)	ตัวแปร α	F
6	1	10000	0.6	46179990
13	2	5000	0.6	46115650
14	3	10000	0.6	46114540
10	4	10000	0.6	46282190
4	5	10000	0.9	45998260
3	6	5000	0.9	45860010
1	7	5000	0.6	46257210
16	8	10000	0.9	45872400
11	9	5000	0.9	46018520
7	10	5000	0.9	46061060
2	11	10000	0.6	46271870
12	12	10000	0.9	45900600
9	13	5000	0.6	46202760
5	14	5000	0.6	46258050
15	15	5000	0.9	45896530
8	16	10000	0.9	45840550

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิเริ่มต้นและตัวแปร α

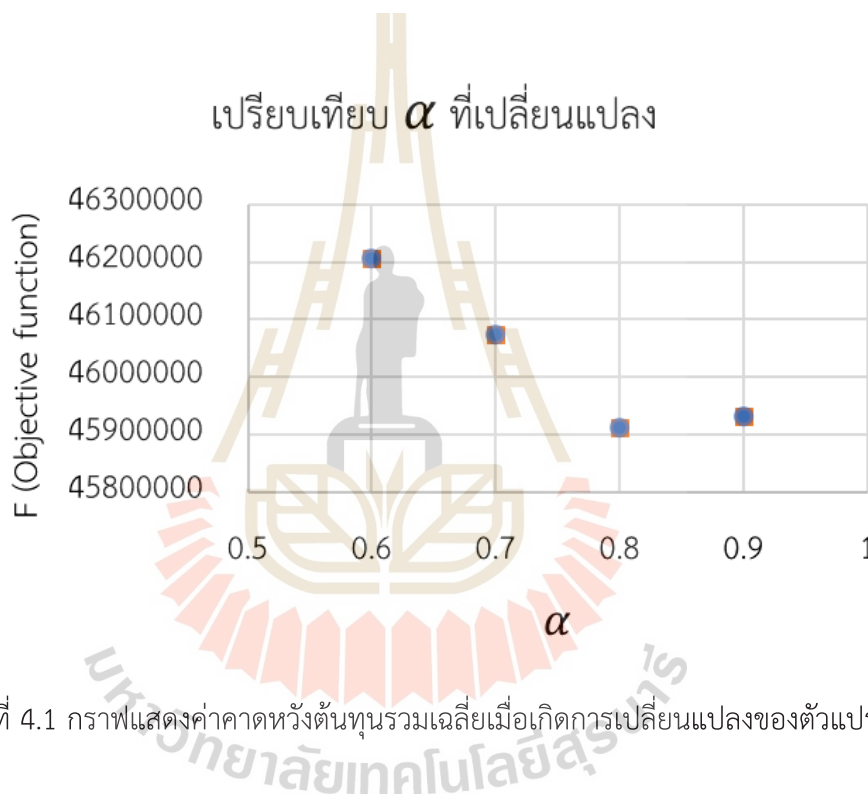
Term	Effect	Coefficients	SE Coefficients	T	P-Value
Constant	-	46070637	19644	2345.24	0.000
อุณหภูมิเริ่มต้น	-26174	-13087	19644	-0.67	0.518
ตัวแปร α	-279291	-139646	19644	-7.11	0.000
อุณหภูมิเริ่มต้น* ตัวแปร α	-29904	-14952	19644	-0.76	0.461

ตารางที่ 4.3 ทดสอบหาค่าตัวแปร α ที่เหมาะสม

ลำดับ	ตัวแปร α	F	ลำดับ	ตัวแปร α	F
1	0.6	46179990	1	0.8	45888960
2	0.6	46115650	2	0.8	45930620
3	0.6	46114540	3	0.8	45801620
4	0.6	46282190	4	0.8	45884260
5	0.6	46257210	5	0.8	45757560
6	0.6	46271870	6	0.8	45951030
7	0.6	46202760	7	0.8	45911780
8	0.6	46258050	8	0.8	46023530
9	0.6	46258050	9	0.8	45958980
10	0.6	46115650	10	0.8	46006680
ค่าเฉลี่ย	0.6	46205596	ค่าเฉลี่ย	0.8	45911502
ลำดับ	ตัวแปร α	F	ลำดับ	ตัวแปร α	F
1	0.7	46048150	1	0.9	45888960
2	0.7	46134470	2	0.9	45930620
3	0.7	46106350	3	0.9	45801620
4	0.7	46034750	4	0.9	45884260
5	0.7	46098310	5	0.9	45757560
6	0.7	46132320	6	0.9	46051030
7	0.7	46059780	7	0.9	46011780
8	0.7	46033020	8	0.9	46023530
9	0.7	46028610	9	0.9	45958980
10	0.7	46063900	10	0.9	46006680
ค่าเฉลี่ย	0.7	46073966	ค่าเฉลี่ย	0.9	45931502

จากตารางที่ 4.3 ทดสอบหาค่าตัวแปร α ที่เหมาะสมจากค่าที่กำหนดทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ 0.6, 0.7, 0.8, และ 0.9 พบว่าตัวแปร $\alpha = 0.8$ ทำให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยต่ำสุด (F) ดังรูปที่ 4.1 ที่เปรียบเทียบค่าตัวแปร α ที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด (F) ดังนั้นจึงกำหนดให้ใช้ตัวแปร α ที่เท่ากับ 0.8 ในอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก เช่นเดียวกับการหา

ค่าอนุกรมเริ่มต้นที่เหมาะสม จึงแบบการทดลองหาค่าอนุกรมเริ่มต้นเพื่อหาค่าที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.4 เริ่มทดลองรันผลลัพธ์ทั้งหมด 10 ครั้งต่อหนึ่งค่าตัวแปรที่เปลี่ยนของอนุกรมเริ่มต้น ได้แก่ 2500, 5000, 7500, และ 10000 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าตัวแปร α คงที่เท่ากับ 0.8 ที่เป็นเหมาะสมในการทดลองก่อนหน้า เพื่อหาอนุกรมที่เหมาะสม จากการทดลองได้ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าอนุกรมเริ่มต้นที่ทำให้ค่าเฉลี่ยค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยต่ำสุด (F) เท่ากับ 5000 แสดงดังรูปที่ 4.2 ที่เปรียบเทียบค่าอนุกรม (T) ที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด (F) ดังนั้นจึงกำหนดให้ใช้อนุกรมเริ่มต้นที่เท่ากับ 5000 ในอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก



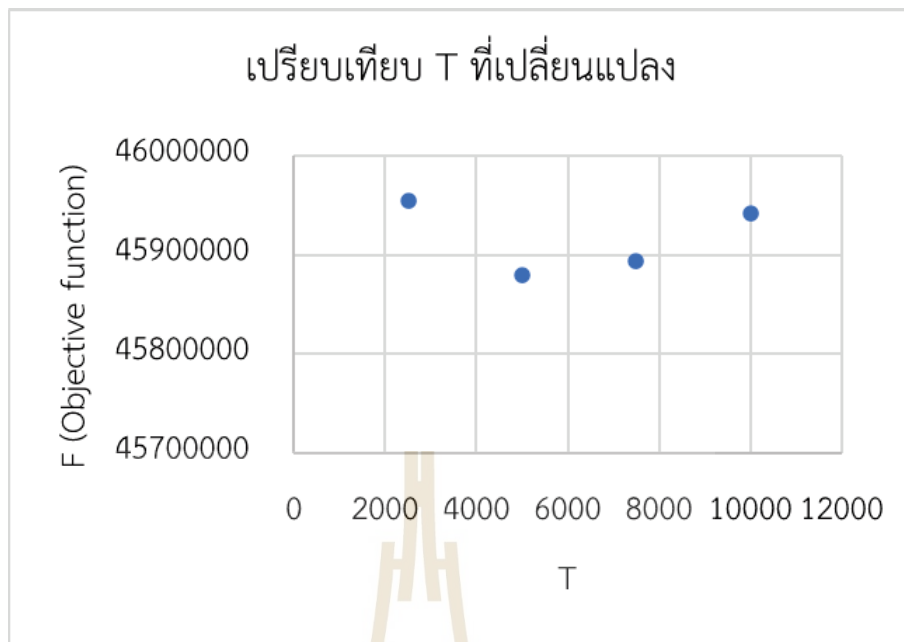
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร α

สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ต้องกำหนดก่อนขั้นตอนการวนซ้ำของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก ได้แก่ อนุกรมที่ต่ำที่สุด จำนวนรอบการวนซ้ำตามสูงสุดที่กำหนด จำนวนปฏิเสธการยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบ และความน่าจะเป็นที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบ เนื่องจากพารามิเตอร์ที่กล่าวมา ส่งผลต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่สุดอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงกำหนดให้ค่าดังกล่าวเป็นไปดังต่อไปนี้ อนุกรมที่ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.001 จำนวนรอบการวนซ้ำสูงสุดที่กำหนดเท่ากับ 10,000 จำนวนปฏิเสธการยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบเท่ากับ 1,000 และความน่าจะเป็นที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ของคำตอบเท่ากับ 0.5 ดังตารางที่ 4.5 ที่แสดงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ต้องกำหนดค่าในขั้นตอนการวนซ้ำ

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกโดยสรุปแสดงในตารางที่ 4.5 เพื่อการดำเนินงานหาคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งส่งผลให้เกิดค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดในแต่ละขั้นตอนการวนซ้ำ เพื่อให้เข้าเงื่อนไขสภาวะสมดุลให้ได้คำตอบที่พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ให้คำตอบเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด และเข้าสู่เงื่อนไขหยุดอัลกอริทึมเมื่อสามารถค้นพบคำตอบที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.4 ทดสอบหาค่าอุณหภูมิเริ่มต้นที่เหมาะสม

ลำดับ	อุณหภูมิเริ่มต้น	F	ลำดับ	อุณหภูมิเริ่มต้น	F
1	2500	45745880	1	7500	45917840
2	2500	46112330	2	7500	45887840
3	2500	45925780	3	7500	46003380
4	2500	46098720	4	7500	45778450
5	2500	45891000	5	7500	45729930
6	2500	45914890	6	7500	45922020
7	2500	45904260	7	7500	45867150
8	2500	46060520	8	7500	45985140
9	2500	45917440	9	7500	45840690
10	2500	45981950	10	7500	46011140
ค่าเฉลี่ย	2500	45955277	ค่าเฉลี่ย	7500	45894358
ลำดับ	อุณหภูมิเริ่มต้น	F	ลำดับ	อุณหภูมิเริ่มต้น	F
1	5000	45713540	1	10000	45815320
2	5000	45801940	2	10000	45953980
3	5000	45970960	3	10000	45901030
4	5000	45701330	4	10000	46047240
5	5000	45853970	5	10000	45949230
6	5000	45893910	6	10000	45945880
7	5000	46019800	7	10000	45875630
8	5000	45989730	8	10000	46045490
9	5000	45911380	9	10000	45901800
10	5000	45944200	10	10000	45979490
ค่าเฉลี่ย	5000	45880076	ค่าเฉลี่ย	10000	45941509



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร T

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดก่อนขั้นตอนการวนซ้ำ

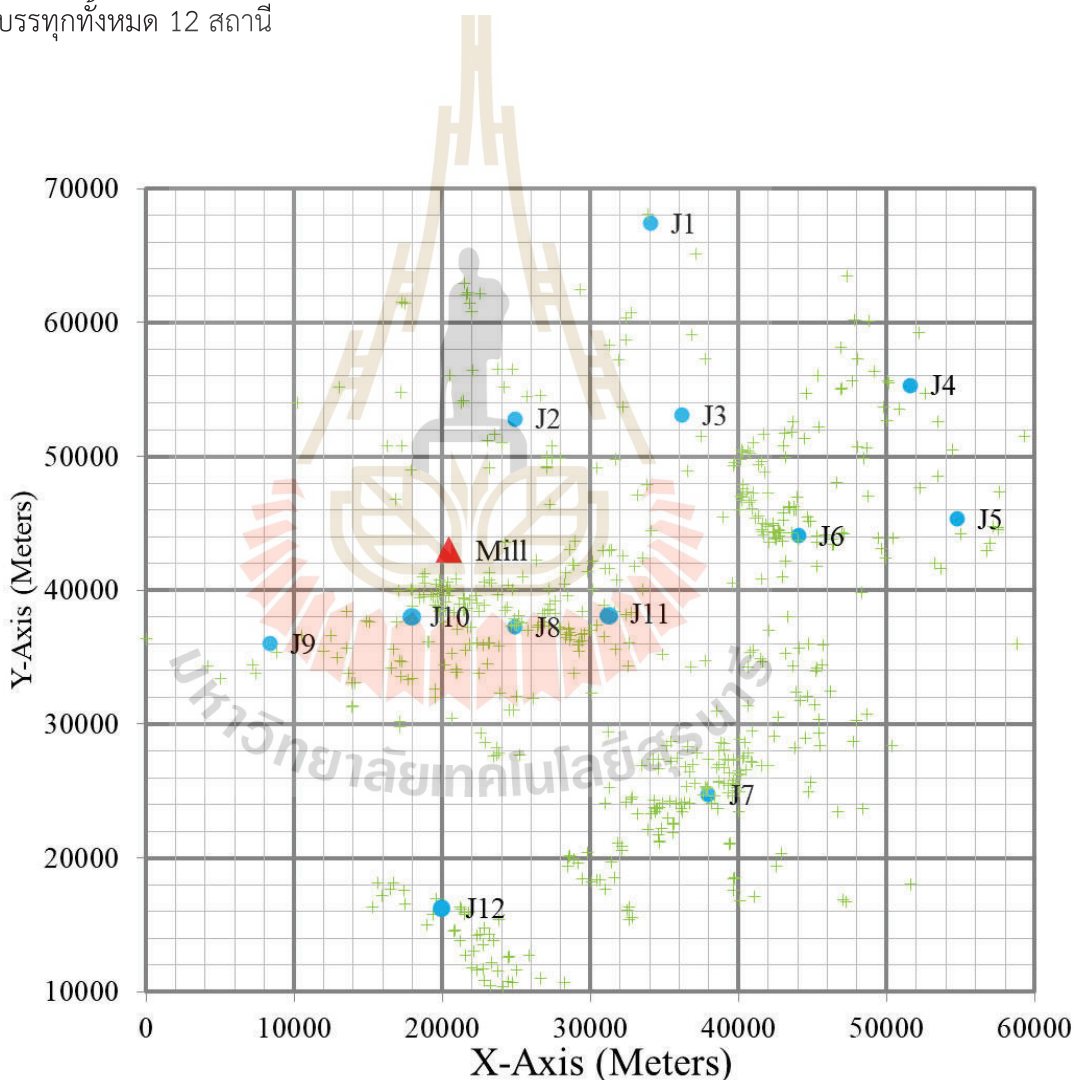
พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ตัวแปร α	0.8
อุณหภูมิเริ่มต้น	5000
อุณหภูมิสุดท้าย	0.001
รอบการวนซ้ำสูงสุด	10000
จำนวนปฏิเสธรการยอมรับการเคลื่อนที่	1000
ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับการเคลื่อนที่	0.5

4.2.2 ข้อมูลอินพุตพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็นปัญหาขนาดเล็กและปัญหาขนาดใหญ่ โดยข้อมูลของอินพุตพารามิเตอร์ของปัญหาจริงหรือปัญหาขนาดใหญ่ได้รวบรวมจากโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565 โดยเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้รับจากอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (CSAH) กับคำตอบจากแบบจำลองแบบแยกปัญหา (SM) ซึ่งเป็นวิธีการหาผลเฉลยในปัจจุบัน ออกแบบการทดลองทั้งหมด 8 กรณี กำหนดให้มีโรงงาน

น้ำตาลแห่งเดียวที่ศูนย์กลาง กำหนดจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N) 500 และ 600 พื้นที่ จำนวนสถานีรถบรรทุก (J) 9 และ 12 สถานี จำนวนช่วงเวลา 6 และ 9 ช่วง (T) และกำหนดให้มี 2 เขตพื้นที่ ในขณะที่ข้อมูลของอินพุตพารามิเตอร์ของปัญหาขนาดเล็ก ใช้ข้อมูลของพารามิเตอร์อินพุตเดียวกันกับปัญหาขนาดใหญ่ แต่มีการกำหนดขอบเขตของการทดลองที่เล็กกว่า โดยมีการออกแบบการทดลองทั้งหมด 8 กรณี กำหนดให้มีโรงงานน้ำตาลแห่งเดียวที่ศูนย์กลาง กำหนดจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N) 8 และ 10 พื้นที่ จำนวนสถานีรถบรรทุก (J) 2 และ 3 สถานี จำนวนช่วงเวลา 6 และ 9 ช่วง (T) และกำหนดให้มี 2 เขตพื้นที่ โดยที่ค่าข้อมูลพารามิเตอร์อินพุตที่ต้องกำหนด จากหัวข้อที่ 3.3.2 พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง ในส่วนของพารามิเตอร์อินพุต ดังนั้นการกำหนดค่าต่าง ๆ ของพารามิเตอร์อินพุตที่เกี่ยวข้องจึงได้เก็บข้อมูลจากการเข้าไปสำรวจโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง ในอำเภอยะผิง จังหวัดนครราชสีมา จึงได้กำหนดค่าของพารามิเตอร์อินพุตได้ดังต่อไปนี้ เริ่มที่ลักษณะแผนที่ของการดำเนินการของโรงงานน้ำตาล พื้นที่เพาะปลูกอ้อยหรือพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร และสถานีรถบรรทุก รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของระบบการจัดการอ้อยภายในพื้นที่ 60×70 ตารางกิโลเมตร พร้อมแสดงตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานน้ำตาล พื้นที่รับผิดชอบเกษตรกร และสถานีรถบรรทุก ในละติจูดและลองจิจูดที่แสดงตำแหน่ง โดยปรับเปลี่ยนให้เป็นพิกัดในแกน X และแกน Y โดยที่สัญลักษณ์เครื่องหมายบวกแทนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรทั้งหมด 600 พื้นที่ ที่กระจายตัวอยู่รอบโรงงานน้ำตาลที่ใช้สัญลักษณ์สามเหลี่ยม ขณะที่สัญลักษณ์วงกลมแทนสถานีรถบรรทุกทั้ง 12 สถานี ที่กระจายตัวอยู่ตั้งแต่ $J1 - J12$ ผลผลิตอ้อย (ตัน) ที่ใช้ในการทดลองได้จากคาดการณ์ผลผลิตอ้อยจากข้อมูลผลผลิตอ้อยในอดีตของพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ แต่ละช่วงเวลา ตามแผนการเพาะปลูกจากทางโรงงานน้ำตาล โดยแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยปกติ ($l = 1$) และปริมาณผลผลิตอ้อยที่มีโอกาสลดลงจากที่กำหนดในแผนเพาะปลูกเนื่องจากสถานการณ์ภัยแล้ง ($l = 2$) โดยที่ผลผลิตอ้อยที่หากเกิดสถานการณ์ภัยแล้งจะลดลงตามอัตราส่วนที่สม่ำเสมอโดยพิจารณาจากผลผลิตอ้อยของสถานการณ์ที่ 1 กำหนดให้สถานการณ์ที่ 2 มีผลผลิตอ้อยร้อยละ 68 ของการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยจากแผนการเพาะปลูกในสถานการณ์ที่ 1 โดยที่ค่า 68 ได้จากการวิเคราะห์จากทางโรงงานน้ำตาลหากเกิดสถานการณ์ที่อ้อยมีปริมาณลดลงกว่าผลผลิตที่คาดการณ์ไว้อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนที่อาจเกิดปัญหาภัยแล้ง การระบาดของศัตรูพืช เช่น โรคที่เกี่ยวกับแมลงหรือวัชพืช สำหรับผลผลิตอ้อยจากแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (i) ในแต่ละช่วงเวลา (t) สำหรับแต่ละสถานการณ์ (l) โดยกำหนดให้ 1 ช่วงเวลาเท่ากับ 1 สัปดาห์ จะมีช่วงการดำเนินการเก็บเกี่ยวทั้งหมด 9 ช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยมีผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ที่ต้องเก็บเกี่ยวตาม

แผนการเพาะปลูกอ้อยในทุกช่วง 3 สัปดาห์ เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย อีกทั้งเป็นการควบคุมปริมาณน้ำหนักร้อยที่ใช้น้ำส่งอีกด้วย โดยค้นหาปริมาณขนส่งที่เหมาะสม (Lot Sizing) เพื่อให้เพียงพอตามแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล ตามแผนการเก็บเกี่ยวและขนส่ง นั่นคือ จะมีการเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่ 1, 4, และ 7 ตามลำดับ ตารางที่ 4.7 แสดงระยะทางที่เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเดินทางเข้าไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรทั้ง 600 พื้นที่ ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างสถานีรถบรรทุกทั้ง 12 สถานี กับพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ตารางที่ 4.8 แสดงระยะทางการขนส่งผลผลิตอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรทั้ง 600 พื้นที่ไปยังโรงงานน้ำตาล ของแต่ละสถานีรถบรรทุกทั้งหมด 12 สถานี



รูปที่ 4.3 ข้อมูลปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดการอ้อย

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลจริงของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่รับผิดชอบ
ของเกษตรกร

พื้นที่ (i)	t = 1		t = 2	t = 3	t = 4		t = 5	t = 6	t = 7		t = 8	t = 9
	l (1)	l (2)	l (1, 2)	l (1, 2)	l (1)	l (2)	l (1, 2)	l (1, 2)	l (1)	L (2)	l (1, 2)	l (1, 2)
1	57	39	0	0	56	37	0	0	54	36	0	0
2	33	22	0	0	32	21	0	0	32	21	0	0
3	52	35	0	0	51	34	0	0	49	33	0	0
4	22	15	0	0	20	13	0	0	18	12	0	0
5	16	10	0	0	15	10	0	0	13	9	0	0
6	46	30	0	0	46	31	0	0	46	31	0	0
7	59	39	0	0	58	39	0	0	58	39	0	0
8	30	20	0	0	28	19	0	0	27	18	0	0
9	69	46	0	0	69	46	0	0	68	46	0	0
10	60	40	0	0	59	40	0	0	58	39	0	0
...
...
...
...
...
591	59	39	0	0	59	39	0	0	61	41	0	0
592	57	38	0	0	58	39	0	0	60	40	0	0
593	18	12	0	0	19	12	0	0	19	13	0	0
594	9	6	0	0	10	6	0	0	11	8	0	0
595	31	21	0	0	31	21	0	0	32	21	0	0
596	17	12	0	0	18	12	0	0	18	12	0	0
597	64	43	0	0	64	43	0	0	65	44	0	0
598	34	23	0	0	34	23	0	0	36	24	0	0
599	9	6	0	0	10	7	0	0	12	8	0	0
600	40	27	0	0	41	28	0	0	41	28	0	0

ตารางที่ 4.7 ระยะทางที่เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเดินทางเข้าไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร ($d_{ij}^{[S]}$)

พื้นที่ (i)	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
1	49	34	35	42	36	29	10	19	28	23	20	59
2	45	35	30	32	24	20	7	24	38	30	19	54
3	19	29	18	7	17	20	40	37	51	40	31	20
4	14	22	12	7	17	16	36	31	45	34	26	18
5	29	26	16	14	8	5	19	23	40	29	16	37
6	37	20	26	39	38	27	21	7	11	5	14	48
7	55	39	42	50	45	37	18	24	27	26	26	66
8	24	21	11	13	11	1	21	21	37	26	14	33
9	49	36	35	41	35	28	8	21	31	25	20	59
10	53	36	40	50	46	37	21	21	21	22	25	64
.
.
.
.
.
591	24	20	11	12	11	2	22	21	37	26	14	32
592	37	20	25	37	35	24	17	5	14	7	11	48
593	53	37	40	50	45	37	20	22	23	23	25	64
594	44	28	38	53	55	44	40	24	8	18	31	55
595	56	42	42	49	43	36	16	26	32	30	27	67
596	46	33	32	39	32	25	6	18	29	23	18	57
597	20	32	34	41	50	46	62	47	51	46	47	18
598	40	32	26	27	19	16	9	23	38	29	17	49
599	52	39	38	43	36	30	10	24	33	28	23	62
600	24	10	21	37	41	31	36	19	18	14	22	35

ตารางที่ 4.8 ระยะทางการขนส่งผลผลิตอ้อยจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรไปยังโรงงานน้ำตาล
($d_{ij}^{[T]}$)

พื้นที่ (i)	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
1	74	60	60	68	62	54	35	45	54	49	45	85
2	75	65	60	62	54	50	37	54	68	60	49	84
3	55	65	54	43	53	56	76	73	87	76	67	56
4	44	53	42	38	47	47	67	61	75	65	56	48
5	56	52	43	41	35	31	46	50	66	56	43	63
6	47	30	36	49	47	37	31	17	20	15	23	58
7	85	69	71	80	74	67	48	54	57	56	56	96
8	47	43	34	36	34	24	44	44	60	49	37	55
9	77	63	63	69	62	56	36	48	58	53	48	87
10	79	62	66	76	72	63	47	47	48	48	51	90
.
.
.
.
.
591	46	43	33	35	34	25	45	44	60	49	37	55
592	47	31	35	48	45	35	28	16	25	18	22	59
593	80	64	67	77	72	64	47	49	50	50	52	91
594	65	49	59	75	76	65	61	45	29	39	52	76
595	89	75	75	82	76	69	49	59	65	62	60	100
596	72	58	57	64	58	51	31	43	54	48	43	82
597	62	73	75	82	92	87	103	89	92	87	88	59
598	69	60	55	56	47	44	37	51	67	57	46	78
599	83	69	68	74	67	61	41	54	64	59	54	93
600	36	22	33	49	52	42	48	30	30	26	34	47

การคำนวณหาค่าต้นทุนอ้อยที่ค้ำที่พื้นที่เพาะปลูก (c_{it}) ที่ไม่ได้ถูกส่งไปยังโรงงานน้ำตาลในแต่ละช่วงเวลา จะคิดเป็นต้นทุนต่อตันของอ้อยค้ำในแต่ละพื้นที่ที่ได้รับผิดชอบเกษตรกร แต่ละช่วงเวลา ที่คำนวณจากปริมาณการสูญเสียน้ำหนักของอ้อยตามวันที่ถูกตัดในตารางที่ 3.1 โดยอ้างอิงจาก 1 ช่วงเวลาหรือ 7 วัน หากไม่มีการขนส่ง จะมีการสูญเสียน้ำหนัก 2.4 ตันต่อจำนวนผลผลิตอ้อยหนึ่งไร่ (ปริมาณอ้อยเฉลี่ยในหนึ่งไร่จากข้อมูลโรงงานน้ำตาลเท่ากับ 12.26 ตัน) ตารางที่ 4.9 อธิบายถึงการคำนวณหาต้นทุนอ้อยที่ค้ำที่พื้นที่เพาะปลูก เริ่มต้นที่ขั้นตอนที่ 1) หาจำนวนช่วงเวลาของอ้อยค้ำพื้นที่ของแต่ละช่วงเวลา ในช่วงเวลาที่ 1, 2, และ 3 หากเหลืออ้อยค้ำ จะมีช่วงเวลาที่ยังเป็นจำนวน 0, 1, และ 2 ช่วง ตามลำดับ ขั้นตอนที่ 2) หาจำนวนการสูญเสียน้ำหนักตามจำนวนช่วงเวลาที่ยังค้ำพื้นที่ โดยที่หากเหลือค้ำจำนวน 1, 2, และ 3 ช่วง จะสูญเสียน้ำหนัก 2.4, 4.8, และ 7.2 ตันต่อหนึ่งไร่ ตามลำดับ ขั้นตอนที่ 3) รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในราคาต่อหนึ่งไร่ โดยนำราคาอ้อยต่อตันในปัจจุบันคูณด้วยน้ำหนักที่สูญเสีย ราคาอ้อยต่อตันในปี พ.ศ. 2566 อยู่ที่ 1070 บาทต่อตัน ขั้นตอนที่ 4) นำราคาการสูญเสียน้ำหนักหนึ่งไร่ หาราคาการสูญเสียน้ำหนักต่อตัน โดยปริมาณเฉลี่ยต่อตันเท่ากับ 12.26 ตัน ขั้นตอนที่ 5) กำหนดสมมติฐานให้ปกติจะเหลือโอกาสที่ปริมาณผลผลิตอ้อยไม่ได้ถูกส่งไปยังโรงงานน้ำตาลที่ร้อยละ 30 จากนั้นคำนวณ c_{it} โดยกำหนดสมมติฐานให้มีโอกาสที่สูญเสียน้ำหนักอ้อยที่ร้อยละ 20 จะแสดงต้นทุนอ้อยที่ค้ำที่พื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 4.9 การคำนวณหาค่าต้นทุนอ้อยที่ค้ำที่พื้นที่เพาะปลูก (c_{it})

ขั้นตอนการ คำนวณ	ช่วงเวลา								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. จำนวนช่วงเวลา ที่ค้ำพื้นที่ เพาะปลูก	0	1	2	3	1	2	3	1	2
2. สูญเสียน้ำหนัก ต่อพื้นที่หนึ่งไร่ (ตัน)	0	2.4	4.8	7.2	2.4	4.8	7.2	2.4	4.8
3. รวมค่าใช้จ่าย ต่อหนึ่งไร่ (บาท)	0	2568	5136	7704	2568	5136	7704	2568	5136
4. รวมค่าใช้จ่าย ต่อหนึ่งตัน (บาท)	0	209	419	628	209	419	628	209	419
c_{it} (บาทต่อตัน)	0	13	25	38	13	25	38	25	38

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลผลผลิตอ้อยเฉลี่ย (Q_i)

พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร	ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย (ตัน)
1	167.0
2	96.9
3	152.2
4	59.8
5	43.4
6	137.4
7	173.9
8	85.5
9	206.7
10	177.8
11	181.9
12	196.3
...	...
...	...
...	...
...	...
589	119.3
590	80.1
591	178.5
592	174.1
593	55.9
594	30.1
595	93.1
596	53.3
597	192.4
598	103.8
599	30.5
600	122.9

ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย (Q) (ตัน) ที่พร้อมเก็บเกี่ยวของแต่ละพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกรในทุกช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 4.10 สำหรับค่าข้อมูลพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 4.11 ค่าข้อมูลพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับเขตพื้นที่ (k) แบ่งออกเป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k=A$) และพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k=B$) ได้แก่ ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ยืมลงทุนที่โรงงานน้ำตาลจ่ายให้แก่เกษตรกร (a_k) ต้นทุนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเดินทางไปดูแลพื้นที่ที่รับผิดชอบของเกษตรกรเป็นค่าใช้จ่ายตามระยะทางต่อกิโลเมตร (r_k) และเงินค่าจ้างรายปีของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ (o_k) พร้อมกับค่าข้อมูลพารามิเตอร์คงที่ สำหรับการพิจารณาการตัดสินใจในสถานการณ์ของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่เพาะปลูกมีความไม่แน่นอนในแต่ละปี แต่ละช่วงเวลา (δ_k) โดยกำหนดเป็นค่าความน่าจะเป็นดังตารางที่ 4.12 ในส่วนสุดท้ายกำหนดอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตส่งเสริมเป็น 70 ต่อ 30 ตามลำดับ ปริมาณกำลังขนส่งรถบรรทุกต่อรอบขนส่งได้ 10 ตัน หากมีอ้อยเกินปริมาณส่งต่อรอบ จะเก็บไว้ขนส่งรอบถัดไป แต่ถ้าหากมีปริมาณอ้อยไม่เต็มคัน จะไม่ทำการขนส่ง เนื่องจากมีต้นทุนการขนส่งต่อรอบเท่ากัน ดังนั้นควรขนส่งเต็มคันที่พื้นที่เพาะปลูกอื่น

ตารางที่ 4.11 ค่าข้อมูลพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อมูลจริงของโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

พารามิเตอร์	ค่า	พารามิเตอร์	ค่า
a_k	$a_A = 487.5, a_B = 422.5$	α	10
r_k	$r_A = 6.24, r_B = 1.56$	β	200
o_k	$o_A = 240000, o_B = 200000$	e	1.8
Cap	2000	SPF	12.26
VPD	1	COF	12000
COV	6000	$Limited$	49816

ตารางที่ 4.12 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์ที่กำหนดตามเขตพื้นที่

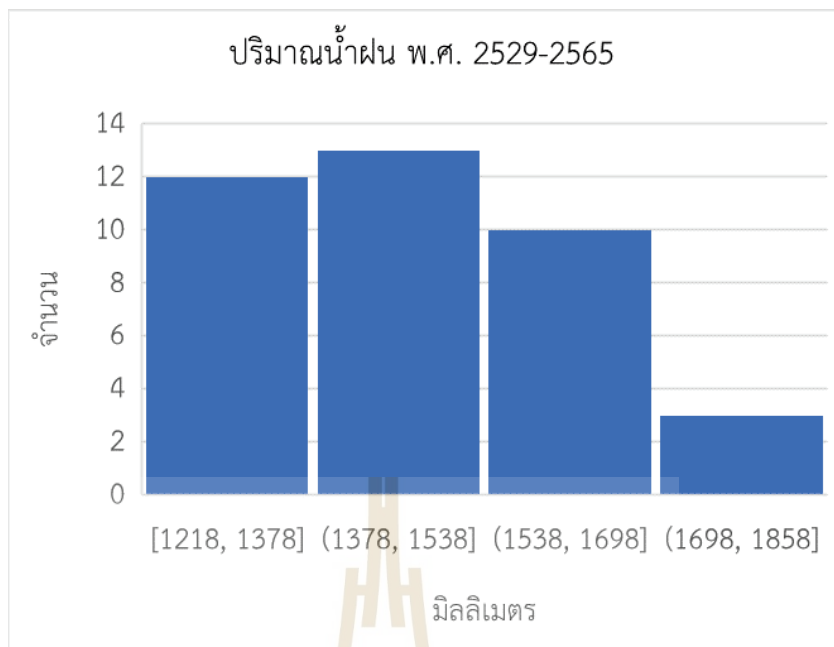
เขตพื้นที่	สถานการณ์ ($l=1$)	สถานการณ์ ($l=2$)
พื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k=A$)	0.90	0.10
พื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k=B$)	0.55	0.45

4.2.3 ข้อมูลอินพุตพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาปัญหาการรวมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย โดยจะพิจารณาถึงสถานการณ์ของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา แต่ละเขตพื้นที่ โดยมีการเพิ่มสมมติฐานที่พิจารณาผลผลิตอ้อยมีความไม่แน่นอนตามเขตพื้นที่ที่กำหนด คือ พื้นที่ในเขตและพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ในแต่ละสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แตกต่างจากเดิมที่มีการพิจารณาเพียงผลผลิตอ้อยมีความไม่แน่นอนตามสถานการณ์ที่กำหนดเพียงอย่างเดียว ดังนั้นข้อมูลพารามิเตอร์อินพุตของโมเดลที่ปรับปรุงจะเป็นไปดังข้อมูลดังหัวข้อที่ 4.2.2 ข้อมูลอินพุตพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลอง แต่มีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์บางส่วนตามสมมติฐานความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยตามเขตพื้นที่ ได้แก่ ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย (Q_{ik}) และผลผลิตอ้อยจากการคาดการณ์ (m_{ikl}) ผลผลิตอ้อยแต่ละเขตพื้นที่ที่จะมีการคำนวณตามเขตพื้นที่ k และสถานการณ์ l จากสมมติฐานจะพิจารณากำหนดปริมาณผลผลิตอ้อยของแต่ละเขตพื้นที่และสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ผลผลิตอ้อยจะลดลงตามอัตราส่วนที่สม่ำเสมอโดยพิจารณาจากผลผลิตอ้อยที่ปกติหรือผลผลิตอ้อยจากสถานการณ์ที่ 1 เริ่มต้นพิจารณาจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.) ในช่วง พ.ศ. 2529 – 2565 ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)

ช่วงปี พ.ศ. 2529- 2537		ช่วงปี พ.ศ. 2538- 2546		ช่วงปี พ.ศ. 2547- 2555		ช่วงปี พ.ศ. 2556- 2565	
ปี พ.ศ.	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	ปี พ.ศ.	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	ปี พ.ศ.	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	ปี พ.ศ.	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)
2529	1394	2538	1511	2547	1323	2556	1547
2530	1368	2539	1580	2548	1458	2558	1373
2531	1566	2540	1314	2549	1558	2559	1247
2532	1279	2541	1317	2550	1483	2560	1824
2533	1427	2542	1639	2551	1611	2561	1452
2534	1310	2543	1655	2552	1430	2562	1218
2535	1272	2544	1546	2553	1534	2563	1384
2536	1271	2545	1522	2554	1824	2564	1589
2537	1579	2546	1360	2555	1479	2565	1848



รูปที่ 4.4 ช่วงปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2529-2565

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี ในตารางที่ 4.13 นำไปสร้างแผนภูมิแท่งเพื่อให้ทราบถึงช่วงของปริมาณน้ำฝนที่มีความถี่มากที่สุด ดังรูปที่ 4.4 พบว่าปริมาณน้ำฝนช่วง 1378 – 1538 มม. มีความถี่สูงสุด และหาค่าเฉลี่ย (Average) ของช่วงปริมาณน้ำฝนดังกล่าวเท่ากับ 1458 มม. ดังนั้นจึงกำหนดให้หากปี พ.ศ. ใดที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับหรือมากกว่า 1458 มม. กำหนดให้เป็นสถานการณ์ที่มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอต่อการเพาะปลูกอ้อย ทำให้ผลผลิตอ้อยมีปริมาณปกติตามการคาดการณ์ หากมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปริมาณดังกล่าว กำหนดให้เป็นสถานการณ์ที่มีผลผลิตอ้อยที่ลดลงกว่าปกติ ดังนั้นการกำหนดร้อยละของปริมาณผลผลิตอ้อยของสถานการณ์ที่ลดลงจากสถานการณ์ปกติ แสดงดังตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณผลผลิตอ้อย (ล้านตัน) และปริมาณน้ำฝน (มม.) ในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2562 ในช่วงปริมาณน้ำฝนช่วง 1378 – 1538 มม. ถูกกำหนดให้มีปริมาณผลผลิตอ้อยปกติ ในปี พ.ศ. 2553, 2554, 2555, 2556, 2559, และ 2560 เป็นสถานการณ์ปกติหรือสถานการณ์ที่ 1 ปริมาณผลผลิตอ้อยปกติเท่ากับค่าเฉลี่ยปริมาณอ้อยในปีดังกล่าว เท่ากับ 104.82 ล้านตัน เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีพบว่า สถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยลดลงจากปกติหรือสถานการณ์ที่ 2 ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557, 2558, 2561, และ 2562 ตามลำดับ ดังนั้นการคำนวณหาร้อยละของผลผลิตอ้อยที่ลดลงจึงใช้ร้อยละปริมาณผลผลิตอ้อยที่เปรียบเทียบกับผลผลิตปกติเท่ากับ 101.09, 89.73, 124.95, และ 71.45 ตามลำดับ แต่เนื่องด้วยในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณผลผลิตอ้อยที่มีจำนวนมากกว่าปกติ จึงไม่นำร้อยละผลผลิตอ้อยในปีดังกล่าวมาคำนวณ ดังนั้นผลผลิตอ้อยในสถานการณ์ที่ 2

จะเท่ากับร้อยละ 87.42 ของสถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยปกติ

ตารางที่ 4.14 การคำนวณร้อยละผลผลิตอ้อยที่ลดลงจากสถานการณ์ปกติ

ปี พ.ศ.	ปริมาณ		เปรียบเทียบกับสถานการณ์ปกติ		สถานการณ์
	ผลผลิตอ้อย (ลำตัน)	น้ำฝน (มม.)	ผลผลิตอ้อยปกติ 104.82 ลำตัน	ปริมาณน้ำฝนปกติ 1458 มม.	
2553	95.36	1534	90.98	สถานการณ์ที่ 1	สถานการณ์ที่ 1 ผลผลิตอ้อย เท่ากับ ร้อย ละ 100
2554	97.98	1824	93.47	สถานการณ์ที่ 1	
2555	100.00	1479	95.40	สถานการณ์ที่ 1	
2556	103.66	1547	98.89	สถานการณ์ที่ 1	
2557	105.96	1373	101.09	สถานการณ์ที่ 2	
2558	94.05	1247	89.73	สถานการณ์ที่ 2	สถานการณ์ที่ 2 ผลผลิตอ้อย เท่ากับ ร้อย ละ 87.42
2559	92.95	1474	88.67	สถานการณ์ที่ 1	
2560	134.93	1824	128.73	สถานการณ์ที่ 1	
2561	130.97	1452	124.95	สถานการณ์ที่ 2	
2562	74.89	1218	71.45	สถานการณ์ที่ 2	

ผลผลิตอ้อยจะลดลงตามอัตราส่วนที่สม่ำเสมอโดยพิจารณาจากผลผลิตอ้อยจากเขตพื้นที่ 1 กำหนดให้เขตพื้นที่ 2 มีผลผลิตอ้อยร้อยละ 83 ของการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยจากแผนการเพาะปลูก ในเขตพื้นที่ 1 โดยที่ค่า 83 ได้จากข้อมูลของโรงงานความต้องการปริมาณผลผลิตอ้อยที่เปรียบเทียบ โดยการวางแผนแบ่งเขตพื้นที่ของโรงงานน้ำตาล ที่วางแผนเพิ่มผลผลิตอ้อยโดยการส่งเสริมการเพาะปลูก โดยแสดงปริมาณผลผลิตอ้อยเฉลี่ย (Q_{ik}) ดังตารางที่ 4.15

สำหรับผลผลิตอ้อยจากการคาดการณ์ (m_{itkl}) ในสมมติฐานจะมีการเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่ 1, 4, และ 7 ตามลำดับ เพื่อให้ผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ที่ต้องเก็บเกี่ยวตามแผนการเพาะปลูกอ้อยในทุกช่วง 3 ช่วงเวลา ซึ่งในช่วงเวลาที่ 2, 3, 5, 6, 8 และ 9 จะไม่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในช่วงเวลาดังกล่าว ตารางที่ 4.16 แสดงผลผลิตอ้อยจากการคาดการณ์ (m_{itkl}) ในแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร i แต่ละช่วงเวลา t แต่ละพื้นที่เขต k แต่ละสถานการณ์ l ในช่วงเวลาที่ $t = 1, 4,$ และ 7 ในแต่ละพื้นที่เขต (k) ที่แสดงเป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) และพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k = B$) ในแต่ละสถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยปกติ ($l = 1$) และสถานการณ์ที่ผลผลิตอ้อยลดลง ($l = 2$)

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนของผลผลิตอ้อยเฉลี่ยตามพื้นที่ที่กำหนด

พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร	ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย ($k=A$)	ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย ($k=B$)
1	167.0	138.6
2	96.9	80.4
3	152.2	126.3
4	59.8	49.6
5	43.4	36.0
6	137.4	114.0
7	173.9	144.3
8	85.5	71.0
9	206.7	171.6
10	177.8	147.6
11	181.9	151.0
12	196.3	162.9
...
...
...
...
589	119.3	99.0
590	80.1	66.5
591	178.5	148.2
592	174.1	144.5
593	55.9	46.4
594	30.1	25.0
595	93.1	77.3
596	53.3	44.2
597	192.4	159.7
598	103.8	86.2
599	30.5	25.3
600	122.9	102.0

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนของผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ตามแผนการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่
รับผิดชอบของเกษตรกร

t	1		2	3	4		5	6	7		8	9						
k	A		B	A,B	A,B	A		B	A,B	A,B	A		B	A,B	A,B			
l	1	2	1	2	1,2	1,2	1	2	1	2	1,2	1,2	1	2	1	2	1,2	1,2
i=1	57	50	47	41	0	0	55	48	46	40	0	0	53	47	44	39	0	0
i=2	33	29	27	24	0	0	31	27	26	23	0	0	31	28	26	22	0	0
i=3	51	45	43	37	0	0	51	44	42	37	0	0	49	43	41	35	0	0
i=4	21	19	18	15	0	0	19	17	16	14	0	0	18	16	15	13	0	0
i=5	15	13	12	11	0	0	14	12	12	10	0	0	13	11	11	9	0	0
i=6	46	40	38	33	0	0	45	40	38	33	0	0	45	39	37	33	0	0
i=7	58	51	48	42	0	0	57	50	47	41	0	0	57	50	47	41	0	0
i=8	30	26	25	21	0	0	28	24	23	20	0	0	27	23	22	19	0	0
i=9	69	60	57	50	0	0	69	60	57	50	0	0	68	59	56	49	0	0
i=10	60	53	50	44	0	0	59	51	49	42	0	0	58	50	48	42	0	0
i=11	62	54	51	45	0	0	60	53	50	44	0	0	56	52	49	43	0	0
i=12	66	58	55	48	0	0	66	57	54	48	0	0	65	57	54	47	0	0
...
...
...
...
i=589	38	33	32	28	0	0	40	35	33	29	0	0	41	36	34	30	0	0
i=590	26	23	22	19	0	0	27	24	22	20	0	0	27	24	23	20	0	0
i=591	58	51	48	42	0	0	58	51	48	42	0	0	60	53	50	44	0	0
i=592	56	49	47	41	0	0	57	50	48	42	0	0	59	52	49	43	0	0
i=593	18	15	15	13	0	0	18	16	15	13	0	0	19	16	15	13	0	0
i=594	9	8	7	6	0	0	9	8	7	6	0	0	11	9	9	8	0	0
i=595	30	26	25	22	0	0	30	26	25	22	0	0	31	27	26	22	0	0
i=596	17	15	14	12	0	0	17	15	14	12	0	0	18	16	15	13	0	0
i=597	63	55	52	46	0	0	63	55	52	46	0	0	65	57	54	47	0	0
i=598	33	29	28	24	0	0	34	29	28	24	0	0	35	31	29	26	0	0
i=599	8	7	7	6	0	0	10	8	8	7	0	0	11	10	9	8	0	0
i=600	40	35	33	29	0	0	41	36	34	29	0	0	41	36	34	30	0	0

4.3 ผลการทดลองอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกด้วยปัญหาขนาดเล็ก

ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาขนาดเล็ก ได้มีการแก้ปัญหาหาคำตอบ 3 วิธีการ คือ 1) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองสแตทสโตแคสติกส์โปรแกรมมิ่ง 2) อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับอัลกอริทึมฮิวริสติก และ 3) แบบจำลองแบบแยกปัญหาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) สามารถแก้ปัญหาได้โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยซอฟต์แวร์ IBM ILOG Cplex Optimization Studio เวอร์ชัน 12.8.0 แก้ไขปัญหาปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง โดยใช้ข้อมูลจริงพารามิเตอร์อินพุตจากโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมาในหัวข้อที่ 4.2.2 ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามสมการจุดประสงค์แสดงดังสมการที่ (3.1) และสมการข้อจำกัดที่ (3.2) - (3.24) เพื่อหาผลเฉลยในผลของตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้องที่ส่งต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ทดลองทั้งหมด 8 กรณี โดยกำหนด 1. พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N) จำนวน 8 และ 9 พื้นที่ 2. สถานีรถบรรทุก (J) จำนวน 2 และ 3 สถานี 3. ช่วงเวลา (T) เป็น 6 และ 9 ช่วง จากผลลัพธ์ทั้ง 8 กรณีแสดงดังตารางที่ 4.17 ที่แสดงผลลัพธ์ของปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) สำหรับปัญหาขนาดเล็ก

กรณี	พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N)	สถานีรถบรรทุก (J)	ช่วงเวลา (T)	ค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)
1	8	2	6	1,357,385
2			9	1,440,943
3		3	6	1,344,561
4			9	1,244,369
5	10	2	6	1,566,629
6			9	1,715,901
7		3	6	1,651,627
8			9	1,675,236
ค่าเฉลี่ย				<u>1,499,581</u>

จากตารางที่ 4.17 แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในผลของค่าคาดหวัง ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ผลลัพธ์ส่วนมากแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและช่วงเวลาที่เป็นค่าเดิม แต่เปลี่ยนจำนวนของสถานีรถบรรทุก ผลลัพธ์ในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของจำนวนสถานีรถบรรทุกจำนวน 3 สถานี ให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ต่ำกว่าผลลัพธ์ของจำนวนสถานีรถบรรทุกจำนวน 2 สถานี เมื่อจำนวนสถานีรถบรรทุก 2 สถานี ทำให้ต้องมีการจัดสรรรถบรรทุกไปขนส่งผลผลิตออกจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรทำให้จำนวนรอบการขนส่งต่อสถานีมากขึ้น จึงเกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลผลิตต่อคันเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน หากเปิดสถานีรถบรรทุกเพิ่มเป็น 3 สถานี แม้ว่าจะเกิดเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานรถบรรทุกจากสถานีเพิ่มขึ้น แต่ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ทำให้ผลค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำกว่าการมีสถานีรถบรรทุก 2 สถานี สำหรับปัญหาขนาดเล็ก เช่น ในกรณีที่ 6 และ กรณีที่ 8 จากตารางที่ 4.1 มีจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเท่ากับ 10 พื้นที่ จำนวนช่วงเวลาเท่ากับ 9 ช่วง ผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมของจำนวนสถานีเท่ากับ 2 และ 3 คือ 1,715,901 และ 1,675,236 บาท ดังนั้นการเพิ่มจำนวนของสถานีรถบรรทุกเกิดความคุ้มค่ามากกว่า

อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกถูกพัฒนาซอฟต์แวร์ MATLAB R2018a เพื่อที่จะหาคำตอบที่เข้าใกล้กับคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้เวลาการหาคำตอบที่เหมาะสม ทำหาคำตอบที่ดีที่สุดทั้งหมดทั้งหมด 8 กรณีเช่นเดียวกับการหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนด 1. พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N) จำนวน 8 และ 9 พื้นที่ 2. สถานีรถบรรทุก (J) จำนวน 2 และ 3 สถานี 3. ช่วงเวลา (T) เป็น 6 และ 9 ช่วง ทำการทดลองซ้ำกรณีละ 10 รอบ และหาค่าเฉลี่ย (Average) ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม โดยที่ผลลัพธ์แสดงผลในแง่เดียวกับผลลัพธ์ที่จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือ จำนวนของสถานีรถบรรทุกที่มากกว่ามีความคุ้มค่ามากกว่าในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม เช่น ในกรณีที่ 2 และ กรณีที่ 4 มีจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเท่ากับ 8 พื้นที่ จำนวนช่วงเวลาเท่ากับ 9 ช่วง ผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยของจำนวนสถานีเท่ากับ 2 และ 4 คือ 1,482,475 และ 1,283,082 บาท ดังนั้นการเพิ่มจำนวนของสถานีรถบรรทุกเกิดความคุ้มค่ามากกว่า

สำหรับแบบจำลองแบบแยกปัญหา ทำการหาคำตอบจากปัญหาร่วมการกำหนดพื้นที่เขตก่อน และจะนำไปสู่การแก้ปัญหาขนาดลดการขนส่ง ทำการกำหนดข้อมูลพารามิเตอร์อินพุตเป็นค่าเดียวกันกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก โดยที่คำตอบจากปัญหาร่วมการกำหนดพื้นที่เขตใช้กฎเลือกพื้นที่ที่ใกล้ที่สุดก่อนในกำหนดเขตพื้นที่ของ

พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุก จากนั้นใช้หลักการปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ในการกำหนดปริมาณอ้อยที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้ในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุดแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) ของปัญหาขนาดเล็ก

รอบทดลอง	กรณี							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1364329	1486505	1356919	1281382	1580429	1740026	1674994	1676371
2	1367548	1479041	1357257	1281382	1583890	1732823	1662630	1676371
3	1367583	1482645	1356642	1284985	1586111	1740327	1670002	1672555
4	1367386	1481601	1357733	1282812	1575022	1746144	1650330	1674889
5	1368098	1485073	1360015	1282296	1576270	1722869	1675416	1680721
6	1367796	1484837	1359154	1281855	1580743	1724039	1662125	1681713
7	1368510	1485191	1357790	1288174	1594022	1732384	1664986	1689270
8	1366891	1479956	1359393	1281382	1590920	1731482	1665301	1682269
9	1367728	1482756	1358505	1285170	1578130	1732946	1675263	1676492
10	1377136	1477141	1358062	1281382	1593251	1741183	1677866	1679782
ค่าเฉลี่ย	1368301	1482475	1358147	1283082	1583879	1734422	1667891	1679043

ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบแยกปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) ของปัญหาขนาดเล็ก

กรณี							
1	2	3	4	5	6	7	8
1559249	1655307	1456699	1417696	1694484	1863264	1873951	1931175

โดยที่การพัฒนาอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหา ถูกสร้างเพื่อแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาร่วมการแบ่งพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่ง การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการหาคำตอบทั้ง 3 แสดงดังตารางที่ 4.20 ที่แสดงถึงผลเฉลี่ยในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด (บาท) สำหรับปัญหาขนาดเล็กของ

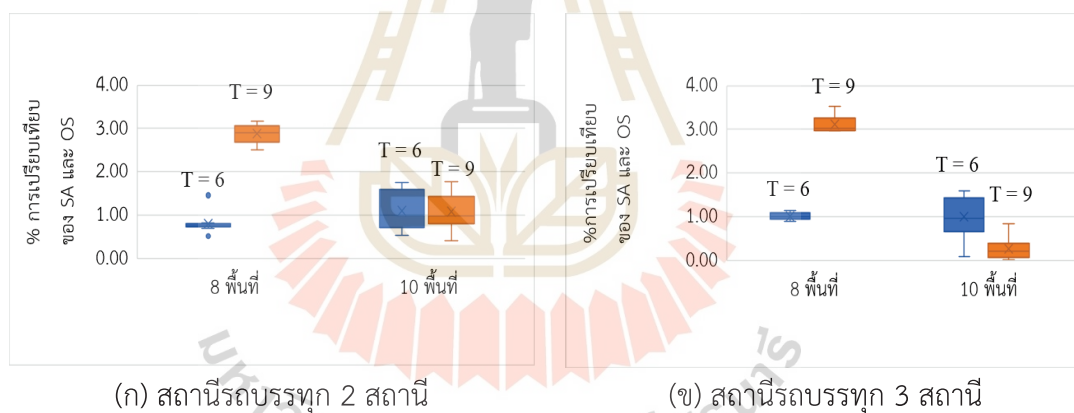
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Optimal solution, (OS)) อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก (Combined Simulated Annealing Algorithm and Heuristic,(CSAH)) และแบบจำลองแบบแยกปัญหา (The separate model, (SM)) โดยใช้ข้อมูลจริงพารามิเตอร์อินพุตจากโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา ทำการทดสอบทั้งหมด 8 กรณี กำหนด 1. พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N) จำนวน 8 และ 9 พื้นที่ 2. สถานีรถบรรทุก (J) จำนวน 2 และ 3 สถานี 3. ช่วงเวลา (T) เป็น 6 และ 9 ช่วง พร้อมทั้งการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบของแต่ละวิธีการแก้ปัญหาต่อไปนี้ ได้แก่ 1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [A] และอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก [B] 2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [A] และแบบจำลองแบบแยกปัญหา [C] 3. อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก [B] และแบบจำลองแบบแยกปัญหา [C]

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)

No	N	J	T	[A] OS (บาท)	[B] CSAH (บาท)	[C] SM (บาท)	% [A] and [B]	% [A] and [C]	% [B] and [C]	
1	8	2	6	1,357,385	1,368,301	1,559,249	0.80	14.87	12.25	
2			9	1,440,943	1,482,475	1,655,307	2.88	14.88	10.44	
3		3	6	1,344,561	1,358,147	1,456,699	1.01	8.34	6.77	
4			9	1,244,369	1,283,082	1,417,696	3.11	13.93	9.50	
5		10	2	6	1,566,629	1,583,879	1,694,484	1.10	8.16	6.53
6				9	1,715,901	1,734,422	1,863,264	1.08	8.59	6.91
7			3	6	1,651,627	1,667,891	1,873,951	0.98	13.46	11.00
8				9	1,675,236	1,679,043	1,931,175	0.23	15.28	13.06
ค่าเฉลี่ย				<u>1,499,581</u>	<u>1,519,655</u>	<u>1,681,478</u>	<u>1.40</u>	<u>12.19</u>	<u>9.56</u>	

ตารางที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบผลเฉลยของ OS, CSAH และ SM โดยที่ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองสเตจโตแคสติคส์โปรแกรมมิ่ง แก้ไขปัญหาโดยซอฟต์แวร์ IBM ILOG Cplex Optimization Studio เวอร์ชัน 12.8 ขณะที่ผลเฉลยของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก แก้ไขปัญหาจากการสร้างอัลกอริทึมโดยซอฟต์แวร์ MATLAB R2018a และผล

เฉลยของแบบจำลองแบบแยกปัญหา แก้ไขปัญหาได้การคำนวณ การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [A] และอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก [B] แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความต่างของ [A] และ [B] เท่ากับ 0.23 % - 3.11 % แสดงให้เห็นถึงว่าอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกของงานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ของคำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดโดยที่แตกต่างเฉลี่ยที่ 1.40 % สำหรับปัญหาขนาดเล็ก การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [A] และแบบจำลองแบบแยกปัญหา [C] แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความต่างของที่ 8.16% - 15.28 % เฉลี่ยที่ 12.19 % และการเปรียบเทียบอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก [B] และแบบจำลองแบบแยกปัญหา [C] แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความต่าง 6.77 % - 13.06 % อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกของงานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ของคำตอบที่ดีกว่าแบบจำลองแบบแยกปัญหาเฉลี่ยที่ 9.56 % โดยการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงด้วยแผนภูมิรูปกล่อง (Box Plot) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ความต่างต้นทุนของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก
เปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

รูปที่ 4.5 แสดงถึงแผนภูมิรูปกล่อง (Box Plot) แสดงเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเมื่อเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยแบ่งตามพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร สถานีรถบรรทุก และเวลาที่ตามสีของกล่อง สีน้ำเงิน หมายถึง 6 ช่วงเวลา และ สีส้ม หมายถึง 9 ช่วงเวลา รวมทั้งหมด 8 กรณี ดังในตารางที่ 4.20 ซึ่ง 1 กรณี ทำการรันผลลัพธ์ของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกทั้งหมด 10 ครั้ง กราฟรูปกล่องแสดงถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม เห็นได้ว่าผลเฉลยในแต่ละกรณีมีการเกาะกลุ่มกัน ค่าสูงสุดและ

ต่ำสุดมีค่าต่างกันเล็กน้อย ในแต่ละกล่อง รูปที่ 4.5 (ก) แสดงผลเมื่อจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป เมื่อกำหนดสถานีรถบรรทุก 2 สถานี ในขณะที่รูปที่ 4.5 (ข) แสดงผลเมื่อจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป เมื่อกำหนดสถานีรถบรรทุก 3 สถานี ผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร จะทำให้เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเทียบกับแบบจำลองแบบแยกปัญหาประสิทธิภาพดีขึ้น และแนวโน้มของผลเฉลยจากแผนภูมิรูปกล่องในแต่ละกรณีแสดงไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้เห็นประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก สำหรับการทดสอบปัญหาขนาดใหญ่จะใช้อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเปรียบเทียบแบบจำลองแบบแยกปัญหา

4.4 ผลการทดลองอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกด้วยปัญหาขนาดใหญ่

4.4.1 ผลการวิจัยสำหรับปัญหาขนาดใหญ่

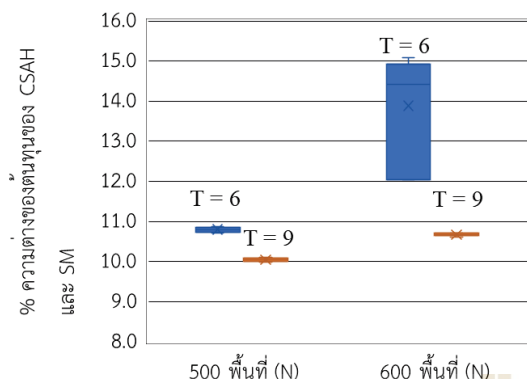
การพัฒนาอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (CSAH) เพื่อแก้ปัญหา กำหนดพื้นที่เขตและขนาดล็อตการขนส่ง ดำเนินขั้นตอนโดยซอฟต์แวร์แมตแล็บ (MATLAB) ทำการทดลองทั้งหมด 8 กรณี จำนวนการทำซ้ำกรณีละ 15 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยตารางที่ 4.21 แสดงถึงผลลัพธ์ของอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกเปรียบเทียบกับแบบจำลองแบบแยกปัญหา (SM) โดยคิดในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกเป็นการปรับปรุงคำตอบและค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ดีกว่าแบบจำลองแบบแยกปัญหาทุกกรณี แสดงให้เห็นการปรับปรุงที่ดีขึ้น 9.04 % - 13.88 % เฉลี่ยทุกกรณีอยู่ที่ 11.45 % ทำให้ผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมลดลงเฉลี่ยได้ถึง 2,826,598 บาท โดยแสดงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่ดีกว่าของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเมื่อเทียบกับแบบจำลองแบบแยกปัญหาด้วยแผนภูมิรูปกล่อง (Box Plot) ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 แสดงถึงแผนภูมิรูปกล่อง (Box Plot) แสดงเปอร์เซ็นต์ความต่างของต้นทุน ทำให้เห็นประสิทธิภาพการปรับปรุงคำตอบที่ดีกว่าของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองแบบแยกปัญหา โดยแบ่งตามพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร สถานีรถบรรทุก และช่วงเวลาตามสีของกล่อง สีน้ำเงิน หมายถึง 6 ช่วงเวลา และ สีส้ม หมายถึง 9 ช่วงเวลา รวมทั้ง 8 กรณี ดังในตารางที่ 4.21 ซึ่ง 1 กรณี ทำการรันผลลัพธ์ของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกทั้งหมด 15 ครั้ง แผนภูมิรูปกล่องแสดงถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมรูปที่ 4.6 (ก) แสดงผลเมื่อจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป เมื่อ

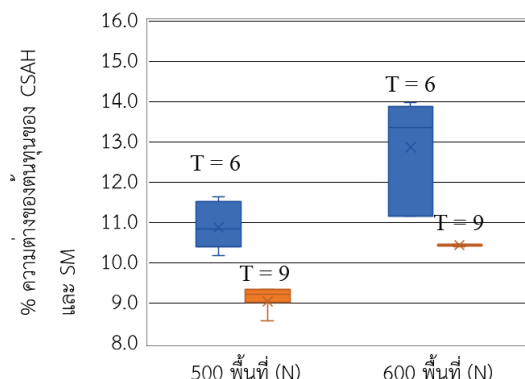
กำหนดสถานีรถบรรทุก 9 สถานี ในขณะรูปที่ 4.6 (ข) แสดงผลเฉลี่ยเมื่อจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป เมื่อกำหนดสถานีรถบรรทุก 12 สถานี เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเทียบกับแบบจำลองแบบแยกปัญหามีแนวโน้มของผลเฉลี่ยจากแผนภูมิรูปกล่องในแต่ละกรณีเมื่อแบ่งตามจำนวนสถานีรถบรรทุกแสดงไปในทิศทางเดียวกัน แต่ในกรณีที่ 5 และ 7 ที่มีพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรเท่ากับ 600 พื้นที่และช่วงเวลาเท่ากับ 6 ช่ว พบว่าอัลกอริทึมหาผลเฉลี่ยโดยมีความกว้างของกล่อง หรือมีค่าความห่างสูงสุดและต่ำสุดของผลเฉลี่ยเฉลี่ยเท่ากับ 3.04 % และ 2.81 % ตามลำดับ ในขณะที่กรณีอื่น ๆ ค่าความห่างสูงสุดและต่ำสุดของผลเฉลี่ยไม่เกิน 1.47 % ดังนั้นในกรณีที่ 5 และ 7 อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก แสดงผลเฉลี่ยในการรันอัลกอริทึมแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน ที่เป็นไปตามปกติของอัลกอริทึมที่มีการค้นหาผลเฉลี่ยในแต่ละครั้งให้คำตอบไม่เหมือนกัน แตกต่างกันตามคำตอบจากตัวแปรตัดสินใจ ผลการวิจัยในปัญหาขนาดใหญ่พบว่าการแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเป็นการคำตอบปรับปรุงที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองแบบแยกปัญหาอยู่ในช่วง 9.04 % - 13.88 % เฉลี่ยทุกกรณีอยู่ที่ 11.06 % สำหรับการทดสอบกับปัญหาขนาดใหญ่

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกและแบบจำลองแบบแยกปัญหาในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)

กรณี	N	J	T	CSAH (บาท)	SM (บาท)	ความต่างของ ต้นทุนของ CSAH และ SM (บาท)	% ความต่าง ของต้นทุนของ CSAH และ SM
1	500	9	6	15,406,569	17,272,097	1,865,528	10.8
2			9	24,795,988	27,565,737	2,771,222	10.05
3		12	6	15,707,253	17,624,841	1,917,588	10.88
4			9	25,023,092	27,511,404	2,488,312	9.04
5	600	9	6	18,409,236	21,376,560	2,967,324	13.88
6			9	29,402,250	32,889,864	3,487,614	10.6
7		12	6	18,440,968	21,163,056	2,722,088	12.86
8			9	29,513,934	32,953,454	3,439,520	10.44
ค่าเฉลี่ย				22,087,411	24,794,627	2,707,400	11.06



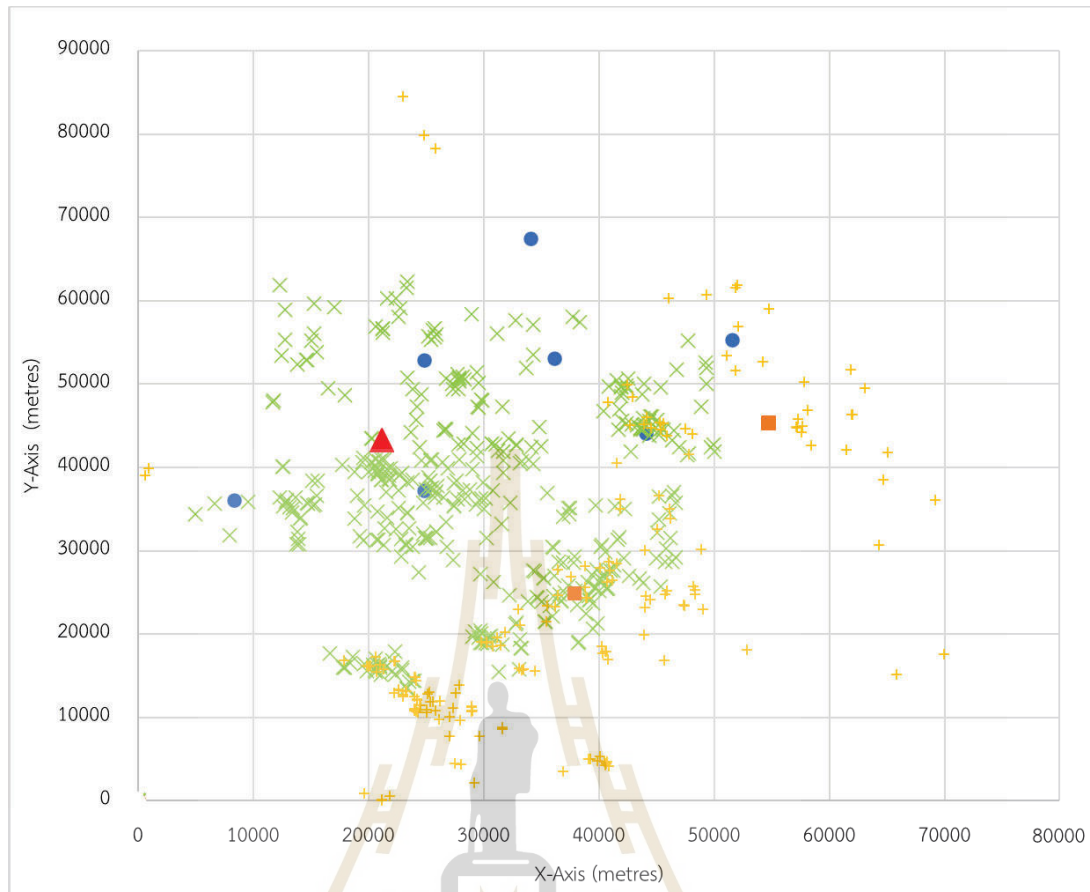
(ก) สถานีรถบรรทุกทุก 9 สถานี



(ข) สถานีรถบรรทุกทุก 12 สถานี

รูปที่ 4.6 เปรอ์เซ็นต์ความต่างของต้นทุนระหว่างอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับ
ฮิวริสติกเปรียบเทียบแบบจำลองแบบแยกปัญหา

จากการรันอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก ได้ค้นหาค่าผลเฉลยแสดงดังรูปที่ รูปที่ 4.7 ผลเฉลยที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดการอ้อย จากพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของระบบการจัดการอ้อยของโรงงานน้ำตาลในพื้นที่ 90 x 80 ตารางกิโลเมตร ที่แสดงตำแหน่งของโรงงานน้ำตาล พื้นที่รับผิดชอบเกษตรกร 600 พื้นที่ และสถานีรถบรรทุกทั้ง 9 สถานี โดยที่สัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีแดง หมายถึง โรงงานน้ำตาล สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงิน คือ สถานีรถบรรทุกที่ถูกกำหนดให้เป็นเขตพื้นที่ในเขตส่งเสริม ($k = A$) สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมสีส้ม คือ สถานีรถบรรทุกที่ถูกกำหนดให้เป็นเขตพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ($k = B$) และสัญลักษณ์เครื่องหมายบวก หมายถึง พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร โดยที่สัญลักษณ์เครื่องหมายกากบาทสีเขียว คือ พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่ถูกกำหนดให้เป็นเขตพื้นที่ในเขตส่งเสริม สัญลักษณ์เครื่องหมายบวกสีเหลือง คือ พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่ถูกกำหนดให้เป็นเขตพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ผลเฉลยที่เป็นไปได้แสดงให้เห็นการแบ่งเขตพื้นที่ของพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกอย่างชัดเจนตามระยะทางจากโรงงานน้ำตาล พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกที่อยู่ใกล้โรงงานน้ำตาลจะมีโอกาสถูกจัดสรรให้เป็นพื้นที่ในเขตส่งเสริมที่มากกว่า พื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรและสถานีรถบรรทุกที่อยู่ไกลจากโรงงานน้ำตาล



รูปที่ 4.7 ผลเฉลยของปัญหาขนาดใหญ่ของระบบการจัดการอ้อย

4.4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัลกอริทึม

ในส่วนนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัลกอริทึม (Sensitivity Analysis) ของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก โดยที่พิจารณาข้อมูลอินพุตพารามิเตอร์ ได้แก่ อัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริม ต้นทุนอ้อยค้ำที่พื้นที่ (c_{it}) และต้นทุนการติดตั้งสถานีรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง (s_{jt}) โดยที่อัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมมีการทดสอบปรับเปลี่ยนเป็น 60 ต่อ 40, 65 ต่อ 35, 70 ต่อ 30, 75 ต่อ 25 และ 80 ต่อ 20 จากนั้นวิเคราะห์ต้นทุนอ้อยค้ำที่พื้นที่และต้นทุนการใช้งานสถานีรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งที่มีการผันแปรแตกต่างกัน -10%, -5%, +5% และ +10% จากค่าปัจจุบัน ทดลองโดยกำหนดกรณีเป็นพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร 600 พื้นที่ สถานีรถบรรทุก 9 แห่ง อัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมเป็น 70 ต่อ 30 ตามลำดับ และพารามิเตอร์อินพุตอื่น ๆ ไม่มีการผันแปร โดยใช้อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติก (CSAH) และแบบจำลองแบบแยกปัญหา (SM) ตารางที่ 4.22 คำตอบในกรณีมี

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมทั้งหมด 5 กรณี รับผิดชอบการทดสอบกรณีละ 10 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าความเบี่ยงเบนจากความต้องการอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมเทียบกับอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกมีความเบี่ยงเบน 0.2 % ถึง 5.9 % ทำให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกไม่ได้ขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนพื้นที่ โดยการเพิ่มปริมาณพื้นที่ในเขตส่งเสริมทำให้ค่าคาดหวังต้นทุนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเป็นการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมที่สเตทที่หนึ่งด้านการแบ่งพื้นที่เขต แต่แลกกลับด้วยผลผลิตจากพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่มีผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.22 คำตอบในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริม

อัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริม		% ความเบี่ยงเบนระหว่าง [A] และ [B]	CSAH (ค่าคาดหวังต้นทุน)	% ความเบี่ยงเบนของ CSAH (ค่าคาดหวังต้นทุน)
ความต้องการ [A]	CSAH [B]			
60 : 40	63.6 : 36.4	5.9	29,084,732	-0.38
65 : 35	62.9 : 37.1	3.2	29,182,496	-0.05
70 : 30	69.9 : 30.1	0.2	29,196,766	0
75 : 25	74.7 : 25.3	0.4	29,251,974	0.19
80 : 20	79.1 : 20.9	1.2	29,268,768	0.25

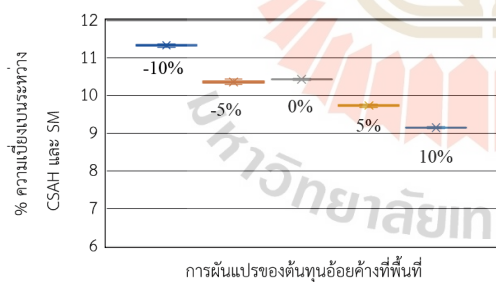
ตารางที่ 4.23 คำตอบในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนอ้อยที่ค้างพื้นที่เพาะปลูก (Holding cost)

ต้นทุนการเก็บอ้อย (%)	CSAH (ต้นทุน, บาท)	SM (ต้นทุน, บาท)	% ความต่างของต้นทุนของ CSAH และ SM
-10	29,113,438	32,838,523	11.34
-5	29,461,591	32,870,759	10.37
0	29,513,934	32,953,454	10.44
+5	29,748,963	32,959,392	9.74
+10	29,982,515	33,003,708	9.15

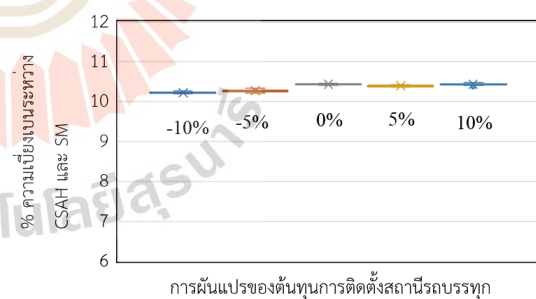
ตารางที่ 4.24 ค่าตอบในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการติดตั้งสถานีรถบรรทุก (Setup cost)

ต้นทุนการติดตั้ง (%)	CSAH (ต้นทุน, บาท)	SM (ต้นทุน, บาท)	% ความต่างของต้นทุนของ CSAH และ SM
-10	29,224,557	32,555,075	10.23
-5	29,371,388	32,735,075	10.28
0	29,513,934	32,953,454	10.44
+5	29,652,496	33,095,075	10.40
+10	29,803,116	33,275,075	10.43

ซึ่งตารางที่ 4.23 และตารางที่ 4.24 แสดงถึงเมื่อเกิดการผันแปรของต้นทุนอ้อยค้ำที่พื้นที่ และต้นทุนการติดตั้งในการขนส่ง ค่าคาดหวังต้นทุนรวมจะแปรผันตรงทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ความต่างของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกและแบบจำลองแบบแยกปัญหาไม่เปลี่ยนแปลงมาก จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการผันแปรพารามิเตอร์อินพุต ค่าคาดหวังต้นทุนรวมไว้ทั้งหมดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน แสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ดีของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก



(ก) การผันแปรของต้นทุนอ้อยที่ค้ำพื้นที่



(ข) ต้นทุนการติดตั้งสถานีรถบรรทุก

รูปที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่ดีกว่าของ CSAH เปรียบเทียบ SM เมื่อมีการผันแปรของต้นทุนอ้อยที่ค้ำพื้นที่และต้นทุนการติดตั้งสถานีรถบรรทุก

จากรูปที่ 4.8 อธิบายถึงเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนของอัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมอัลกอริทึมฮิวริสติกเปรียบเทียบแบบจำลองแบบแยกปัญหา รูปที่ 4.8 (ก) เมื่อมีการผันแปรของต้นทุนอ้อยที่ค้ำพื้นที่ (c_{it}) ที่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนจะลดลง กรณีที่ c_{it} มีค่าเพิ่มขึ้นมาก ๆ ค่า %

ความต่างของต้นทุนของอัลกอริทึมฮิวริสติกเปรียบเทียบแบบจำลองแบบแยกปัญหาจะมีค่าเข้าใกล้กันมาก เนื่องจาก c_{it} เป็นต้นทุนที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลาที่แตกต่างกันเป็นต้นทุนเชิงขั้น (Step cost) ทำให้เปอร์เซ็นต์ของค่าคาดหวังต้นทุนต่ำที่สุดทั้งสองมีค่าลดลงเมื่อ c_{it} มีค่าเพิ่มขึ้น แตกต่างกับรูปที่ 4.8 (ข) กรณีที่ s_{jt} เปลี่ยนแปลงความต่างของต้นทุนของอัลกอริทึมฮิวริสติกเปรียบเทียบแบบจำลองแบบแยกปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเนื่องจากต้นทุน s_{jt} เป็นต้นทุนคงที่

4.5 ผลการทดลองสำหรับการพัฒนาแบบจำลองปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณขนส่ง โดยเพิ่มเงื่อนไขอัตราผลผลิตอ้อยขึ้นกับการตัดสินใจเป็นพื้นที่ในเขตหรือนอกเขต

การพัฒนาปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อยจะพิจารณาถึงสถานการณ์ที่คาดการณ์ผลผลิตอ้อยไว้แต่ละเขตพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลาและสถานการณ์ แตกต่างจากเดิมที่มีการพิจารณาเพียงผลผลิตอ้อยมีความไม่แน่นอนตามสถานการณ์ที่กำหนด การทดลองแบบจำลองที่พัฒนาจะทดลองกับปัญหาขนาดใหญ่ โดยเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้รับจากโมเดลที่หนึ่ง คือ โมเดลเดิมของอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (CSAH 1) กับโมเดลที่สอง คือ โมเดลปรับปรุงของอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (CSAH 2) โดยออกแบบการทดลองทั้งหมด 5 กรณี ตามการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตที่กำหนด ให้มีโรงงานน้ำตาลแห่งเดียวที่ศูนย์กลาง กำหนดจำนวนพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร (N) 600 พื้นที่ จำนวนสถานีรถบรรทุก (J) 9 สถานี จำนวนช่วงเวลา (T) 9 ช่วง และกำหนดให้มี 2 เขตพื้นที่ ผลผลิตอ้อยแต่ละเขตพื้นที่จะมีการคำนวณตามเขตพื้นที่ k และสถานการณ์ l สำหรับการทดลองของ CSAH 1 และ CSAH 2 โดยกำหนดพารามิเตอร์อินพุตทั้งหมดตามหัวข้อ 4.2.2 แต่มีการปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมข้อมูลพารามิเตอร์อินพุตบางส่วนเป็นดังในหัวข้อที่ 4.2.3 ตารางที่ 4.15 - 4.16 ที่พิจารณาถึงผลผลิตอ้อยที่แตกต่างกันตามเขตพื้นที่และสถานการณ์ ตารางที่ 4.25 แสดงผลลัพธ์การทดสอบของอัตราส่วนร้อยละพื้นที่ในเขต ($k = A$) ต่อนอกเขต ($k = B$) ที่ได้จากการปรับปรุงอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก (CSAH 2) โดยทดสอบแบ่งตามกรณีความต้องการของอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตส่งเสริมเป็น 60 : 40, 65 : 35, 70 : 30, 75 : 25 และ 80 : 20 ตามลำดับ ทำการทดสอบกรณีละ 5 ครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกรณี พบว่าอัลกอริทึมสามารถแบ่งอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตได้ใกล้กับความต้องการของพื้นที่ในเขตต่อพื้นที่นอกเขตส่งเสริมในแต่ละกรณี

ตารางที่ 4.25 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตส่งเสริมจากการปรับปรุง อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก

ครั้งที่	ร้อยละอัตราส่วนของพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตส่งเสริม									
	60 : 40		65 : 35		70 : 30		75 : 25		80 : 20	
	$k = A$	$k = B$	$k = A$	$k = B$	$k = A$	$k = B$	$k = A$	$k = B$	$k = A$	$k = B$
	60	40	65	35	70	30	75	25	80	20
1	66.00	34.00	65.17	34.83	68.83	30.17	75.00	25.00	80.00	20.00
2	68.67	31.33	65.17	34.83	69.83	30.17	75.00	25.00	79.83	20.17
3	67.17	32.83	68.00	32.00	70.00	30.00	74.83	25.17	80.00	20.00
4	59.83	40.17	65.00	35.00	70.00	30.00	75.00	25.00	80.00	20.00
5	64.00	36.00	68.83	31.17	70.00	30.00	74.83	25.17	80.00	20.00
เฉลี่ย	65.13	34.87	66.43	33.57	69.93	30.07	74.93	25.07	79.97	20.03

ตารางที่ 4.26 อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่สองในผลของค่า คาคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)

ครั้งที่	ค่าคาคาดหวังต้นทุนรวมของ CSAH 2 (ต้นทุน, บาท)				
	60 : 40	65 : 35	70 : 30	75 : 25	80 : 20
1	28727220	29222217	28872892	29095740	29053048
2	28802813	28795597	28971738	29001321	29142285
3	28695665	28758033	29000935	29089213	29148908
4	28700779	28721422	28968877	29010568	29112564
5	28733225	28803251	28904228	29030864	29066505
เฉลี่ย	28731941	28860104	28943734	29045541	29104662

ตารางที่ 4.26 แสดงการทดสอบของโมเดลปรับปรุงของอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียว ร่วมกับฮิวริสติกหรือโมเดลที่สอง (CSAH 2) ออกแบบการทดลองทั้งหมด 5 กรณี แบ่งตามการกำหนด อัตราส่วนพื้นที่ในเขตต่อนอกเขตส่งเสริมที่กำหนดเช่นเดียวกับตารางที่ 4.25 ซึ่งแสดงผลลัพธ์ในผล ของค่าคาคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) โดยที่รันผลทดสอบกรณีละ 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของในแต่ละกรณี

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่หนึ่งและโมเดลที่สองในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)

ร้อยละของพื้นที่ในเขต		% ความต่างของ [A] และ [B]	CSAH 1 (ต้นทุน, บาท) [C]	CSAH 2 (ต้นทุน, บาท) [D]	% ความต่างของ [C] และ [D]	% ความต่างต้นทุนเมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่
ความต้องการ [A]	CSAH 2 [B]					
60	62.10	3.50	29084732	28731941	1.23	-0.73
65	66.43	2.21	29182496	28860104	1.12	-0.29
70	69.93	0.10	29196766	28943734	0.87	0.00
75	74.93	0.09	29251974	29045541	0.71	0.35
80	77.07	3.67	29268768	29104662	0.56	0.56

จากตารางที่ 4.25 - 4.26 นำไปสู่การเปรียบเทียบของ CSAH 1 และ CSAH 2 ในตารางที่ 4.27 โดยจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ และช่วงที่ 2 ผลลัพธ์ในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท) ของแต่ละโมเดล ซึ่งข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง ช่วงที่ 1 การเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ในเขตและนอกเขต โดยมีความต้องการของร้อยละพื้นที่ในเขตจากโรงงานน้ำตาล [A] และแสดงผลลัพธ์ของร้อยละของพื้นที่ในเขตที่ได้จาก CSAH 2 [B] ของทั้ง 5 กรณี เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความต่างของ [A] และ [B] มีเปอร์เซ็นต์ความต่าง 0.56 % ถึง 3.67 % ทำให้เห็นว่าเมื่อมีการปรับเปลี่ยนความต้องการของอัตราความต้องการของพื้นที่ในเขตและนอกเขตส่งเสริม ไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ในส่วนร้อยละของพื้นที่ในเขตส่งเสริมของ CSAH 2 ซึ่งอัตราส่วนที่ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงที่สุด คือ ช่วงความต้องการพื้นที่ในเขตส่งเสริม 70% - 75 % มีเปอร์เซ็นต์ความต่างไม่เกิน 0.10 % ถัดมาในช่วงที่ 2 จะเปรียบเทียบผลลัพธ์ในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมของ CSAH 1 [C] และ CSAH 2 [D] ตามปริมาณอัตราส่วนพื้นที่ที่กำหนดในแต่ละกรณี โดยมีเปอร์เซ็นต์ความต่างของ CSAH 1 และ CSAH 2 อยู่ในช่วง 0.09 % ถึง 1.23 % ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงของโมเดล CSAH 2 ให้ผลลัพธ์ของค่าคาดหวังต้นทุนรวมที่ดีกว่า CSAH 1 ดังนั้นผลลัพธ์ที่ต่างกันตามเขตพื้นที่และสถานการณ์ที่ไม่เหมือนกัน ส่งผลให้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกหาผลเฉลยที่ส่งผลต่อค่าคาดหวังต้นทุนรวมได้ดีขึ้น

ในส่วนถัดมาจะหาผลลัพธ์ของ CSAH 1 และ CSAH 2 โดยแบ่งเป็นค่าคาดหวังต้นทุนออกเป็น 2 สเตท ได้แก่ สเตทที่ 1 คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และสเตทที่ 2

คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องปัญหาปริมาณการขนส่ง พร้อมพิจารณาจำนวนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ (w) ที่แบ่งจำนวนเจ้าหน้าที่ตามเขตพื้นที่ โดยแบ่งเป็น 3 กรณี กำหนดตามร้อยละพื้นที่ในเขตส่งเสริม 65, 70 และ 75 ตามลำดับ รันผลการทดลองกรณีละ 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกรณี ซึ่งตารางที่ 4.28 และตารางที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าต้นทุนในแต่ละสเตทของ CSAH 1 และ CSAH 2 ตามลำดับ พร้อมกับจำนวนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่เข้าไปดูแลพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรในแต่ละเขตพื้นที่

จากตารางที่ 4.28 – 4.29 ในแต่ละโมเดลพบว่าการกำหนดปริมาณของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน โดยปริมาณเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญจากคำตอบของ CSAH 2 จะมีปริมาณของเจ้าหน้าที่ในเขตส่งเสริมมากกว่าจากคำตอบของ CSAH 1 ปริมาณจำนวนเจ้าหน้าที่ที่รวมกันในแต่ละกรณีและแต่ละโมเดลมีจำนวนแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของผลผลิตอ้อยตามเขตพื้นที่และสถานการณ์ ส่งผลให้จำนวนการจัดสรรเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญให้กับพื้นที่ในเขตส่งเสริมเพิ่มขึ้น ทำให้มีปริมาณผลผลิตอ้อยที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเข้าไปดูแลและให้คำแนะนำเรื่องผลผลิตอ้อยของเจ้าหน้าที่ เช่นเดียวกับปริมาณร้อยละพื้นที่ในเขตที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ค่าคาดหวังต้นทุนในสเตทที่ 1 เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเพิ่มขึ้นของทั้งสองโมเดล สำหรับค่าคาดหวังต้นทุนในสเตทที่ 2 ใน CSAH 1 พบว่าค่าคาดหวังต้นทุนลดลงตามจำนวนร้อยละพื้นที่ในเขตที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าคาดหวังต้นทุนจาก CSAH 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนร้อยละพื้นที่ในเขตที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนในแต่ละสเตทของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่หนึ่ง (บาท)

CSAH 1				
ร้อยละพื้นที่ ในเขต	w ($k=A : k=B$)	ค่าคาดหวังต้นทุน ในสเตทที่ 1 (บาท)	ค่าคาดหวังต้นทุน ในสเตทที่ 2 (บาท)	ค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)
65	28 : 8	11076863	18566002	29186190
70	30 : 6	11121006	18486893	29218970
75	31 : 6	11169823	18228137	29275612

ตารางที่ 4.29 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนในแต่ละสเตทของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่สอง (บาท)

CSAH 2				
ร้อยละพื้นที่ ในเขต	W ($k=A : k=B$)	ค่าคาดหวังต้นทุน ในสเตทที่ 1	ค่าคาดหวังต้นทุน ในสเตทที่ 2	ค่าคาดหวังต้นทุนรวม (บาท)
65	29 : 8	11038334	18076937	28860104
70	31 : 5	11118908	17996454	28943734
75	32 : 5	11199138	18327109	29045541

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนรวมในสเตทที่สองของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่หนึ่ง (บาท)

ค่าคาดหวังต้นทุนของ CSAH 1 ในสเตทที่ 2					
ร้อยละพื้นที่ ในเขต	ค่าใช้จ่าย เก็บเกี่ยว (บาท)	ค่าใช้จ่ายการ ใช้งานสถานี (บาท)	ค่าใช้จ่าย การขนส่ง (บาท)	ค่าใช้จ่าย การเก็บอ้อย (บาท)	ค่าคาดหวัง ต้นทุนโดยรวม (บาท)
65	7964840	2864920	3239699	4496543	18566002
70	7959920	2857080	3168330	4501563	18486893
75	7968760	2861560	2906006	4491811	18228137

ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนรวมในสเตทที่สองของอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกของโมเดลที่สอง (บาท)

ค่าคาดหวังต้นทุนของ CSAH 2 ในสเตทที่ 2					
ร้อยละพื้นที่ ในเขต	ค่าใช้จ่าย เก็บเกี่ยว (บาท)	ค่าใช้จ่ายการ ใช้งานสถานี (บาท)	ค่าใช้จ่าย การขนส่ง (บาท)	ค่าใช้จ่าย การเก็บอ้อย (บาท)	ค่าคาดหวัง ต้นทุนโดยรวม (บาท)
65	7905440	2843640	3120503	4207355	18076937
70	7919920	2849080	2939421	4288033	17996454
75	7906520	2847480	3243642	4329467	18327109

ในตารางที่ 4.30 – 4.31 จะเปรียบเทียบค่าคาดหวังต้นทุนรวมในสเตทที่สองของ CSAH 1 และ CSAH 2 โดยที่พิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ค่าใช้จ่ายในการใช้สถานีขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อย และค่าใช้จ่ายในการเก็บอ้อยเหลือค้ำ โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ร้อยละพื้นที่ในเขต 65, 70 และ 75 ตามลำดับ ในผลลัพธ์ของ CSAH 1 พบว่ามีกำหนดปริมาณของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน โดยปริมาณเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญจากคำตอบของ CSAH 2 จะมีปริมาณของเจ้าหน้าที่ในเขตส่งเสริมมากกว่าจากคำตอบของ CSAH 1 ค่าคาดหวังต้นทุนรวมในสเตทที่ 2 ของ CSAH 2 มีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่า CSAH 1 โดยตารางที่ 4.30 พบว่าค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมในสเตทที่ 2 ของ CSAH 1 จะลดลงตามพื้นที่ในเขตส่งเสริมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยลดลง ขณะที่ค่าใช้จ่ายเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ค่าใช้จ่ายการใช้งานสถานี และค่าใช้จ่ายในการเก็บอ้อยเหลือค้ำ มีแนวโน้มที่จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเพิ่มร้อยละของพื้นที่ในเขต ตารางที่ 4.31 พบว่าค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมในสเตทที่ 2 ของ CSAH 2 จะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ในเขตส่งเสริมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยและค่าใช้จ่ายเก็บอ้อยเหลือค้ำเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าใช้จ่ายเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย และค่าใช้จ่ายการใช้งานสถานี มีแนวโน้มที่จะไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อมีการเพิ่มร้อยละของพื้นที่ในเขต

ดังนั้นปรับปรุงปัญหาพร้อมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย โดยใช้อัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก พบว่าการปรับปรุงอัลกอริทึมจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก โดยมีการพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของผลผลิตอ้อยที่แตกต่างกันตามเขตพื้นที่ และสถานการณ์ ทำให้ผลเฉลี่ยในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมลดลงจากโมเดลก่อนปรับปรุง

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การตัดสินใจโมเดลของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย มีวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

1) เพื่อให้สามารถกำหนดแต่ละพื้นที่เพาะปลูกรวมกันเข้าเป็นดีสตริกส์ได้ และกำหนดสถานีรถบรรทุกที่ถูกจัดสรรให้แต่ละพื้นที่เพาะปลูกแต่ละดีสตริกส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

2) เพื่อให้สามารถวางแผนการขนส่งอ้อยแต่ละพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาล ในแต่ละช่วงเวลาตลอดฤดูหีบอ้อยได้ ตาม สถานการณ์ที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดผลค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนการขนส่งต่ำที่สุด

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองสเตจโตแคสติคโปรแกรมมิ่งพัฒนาอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหา สำหรับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย โดยใช้สมมติฐานและข้อมูลจริงจากทางโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการอ้อยในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ฤดูกาลเก็บเกี่ยว และการขนส่ง โดยที่สามารถแก้ไขปัญหาค้นหาผลเฉลยของปัญหาพร้อมทั้งสองปัญหาได้ มีการทดสอบปัญหาโดยแบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็กและปัญหาขนาดใหญ่ สำหรับปัญหาขนาดเล็กใช้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหา การทดลองขนาดเล็กแสดงผลให้เห็นว่าอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกสามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ในผลของค่าคาดหวังต้นทุน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความต่างคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยที่ร้อยละ 1.40 และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบจำลองแบบแยกปัญหาเฉลี่ยที่ร้อยละ 12.19 สำหรับปัญหาขนาดใหญ่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติก และแบบจำลองแบบแยกปัญหา ซึ่งผลลัพธ์จากกรณีศึกษาแสดง

ให้เห็นว่าอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกนั้นให้คำตอบในผลของค่าคาดหวังต้นทุนรวมดีกว่าแบบจำลองแบบแยกปัญหาเฉลี่ยถึงร้อยละ 11.06 สามารถลดค่าคาดหวังต้นทุนรวมเฉลี่ยถึง 2,707,400 บาท อีกทั้งการทดสอบการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัลกอริทึมทำให้เห็นแนวโน้มของคำตอบไปทางเดียวกัน การผันแปรของพารามิเตอร์หนึ่งตัวจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพอัลกอริทึมเปลี่ยนแปลง พร้อมกับปรับปรุงแบบจำลอง โดยการการพัฒนาแบบจำลองปัญหาร่วมการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณขนส่ง โดยเพิ่มเงื่อนไขอัตราผลผลิตอ้อยขึ้นกับการตัดสินใจเป็นพื้นที่ในเขต หรือนอกเขต ใช้อัลกอริทึมการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกเพิ่มการพิจารณาถึงผลผลิตอ้อยที่มีความไม่แน่นอนตามเขตพื้นที่ ผลเฉลยของการพัฒนาแบบจำลองทำให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมลดลงจากแบบจำลองก่อนหน้า ประโยชน์ของอัลกอริทึมนี้จะช่วยให้โรงงานน้ำตาลมีการร่วมมือพร้อมกับเกษตรกรดีขึ้น มีการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ โดยที่มีการจัดสรรพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร สถานีรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง ให้เป็นพื้นที่ในเขตและนอกเขตส่งเสริม เพื่อการจัดการเพิ่มผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรโดยการจัดทีมเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญเข้าไปดูแลอ้อยตามพื้นที่ และจัดสรรสถานีรถบรรทุกให้ขนส่งอ้อยตามพื้นที่ที่กำหนดอย่างสมดุล สำหรับปัญหาปริมาณการขนส่ง ภายใต้ผลผลิตอ้อยที่คาดการณ์ไว้แต่ละพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอนในแต่ละปี ตามสถานการณ์สภาพแวดล้อม ในแต่ละช่วงเวลา จะสามารถคาดการณ์ปริมาณผลผลิตอ้อยของแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่จะถูกขนส่งไปโรงงานน้ำตาลได้ โดยที่ปริมาณผลผลิตอ้อยจะเพียงพอต่อแผนกำลังการผลิตของโรงงานน้ำตาล ซึ่งเป็นผลดีต่อทางเกษตรกรและโรงงานน้ำตาล

5.2 ข้อเสนอแนะ

การนำอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวร่วมกับฮิวริสติกไปใช้งานจริง ภายในอัลกอริทึมประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลอินพุต 2) อัลกอริทึม และ 3) ผลเฉลย การนำไปใช้งานต้องกำหนดส่วนที่ 1 ข้อมูลอินพุตจริง ได้แก่ พารามิเตอร์อินพุตและตัวบ่งชี้ ดังหัวข้อที่ 3.3.2 พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง เมื่อกำหนดข้อมูลอินพุตดังกล่าวครบ ส่วนที่ 2 จะรันอัลกอริทึมแก้ไขปัญหาเพื่อหาผลเฉลยสำหรับปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่และปริมาณการขนส่ง นำไปสู่ส่วนที่ 3 ผลเฉลยการแก้ไขปัญหา ที่จะแสดงคำตอบที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ตัวแปรการตัดสินใจทั้งหมด ดังหัวข้อที่ 3.3.2 พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง คำตอบทำให้ทราบถึงพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรหรือสถานีรถบรรทุกใด ควรอยู่ในเขตพื้นที่ ที่เป็นในเขตหรือนอกเขตส่งเสริม การกำหนดจำนวนของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่ถูกจัดสรรให้ดูแลพื้นที่ในเขตหรือนอกเขตส่งเสริม อีกทั้งแสดงปริมาณการขนส่งผลผลิตอ้อยแต่ละพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกรที่ถูกขนส่งโดยรถบรรทุกที่ถูกจัดสรรเพื่อขนส่ง

ไปยังโรงงานน้ำตาล ในแต่ช่วงเวลาและสถานการณ์ที่ส่งผลให้เกิดโอกาสมีผลผลิตอ้อยที่แตกต่างกัน โดยอัลกอริทึมจะแสดงผลเฉลยที่ทำให้เกิดค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด ดังนั้นการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับโรงงานน้ำตาล ทำให้ทราบผลเฉลยที่คาดการณ์จากอัลกอริทึมของปัญหาการแบ่งเขตพื้นที่ และปริมาณการขนส่งสำหรับระบบการจัดการอ้อย ที่ส่งผลให้ค่าคาดหวังต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยสามารถนำผลเฉลยไปปรับใช้จริงกับการแบ่งเขตพื้นที่ของพื้นที่รับผิดชอบของเกษตรกร รวมถึงการรับผลผลิตอ้อยในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา ให้เพียงพอต่อกำล้างการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาล

สำหรับข้อจำกัดต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้จะนำไปสู่งานวิจัยในอนาคต โดยพิจารณาถึงประเภทรถบรรทุกที่แตกต่างกันทำให้มีการขนส่งปริมาณที่แตกต่างกัน หรือการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล หากเกิดการล่าช้าไม่สามารถรับผลผลิตอ้อยจากพื้นที่เพาะปลูกในช่วงเวลานั้นได้ อีกทั้งการพิจารณาช่วงเวลาที่ไม่สามารถส่งผลผลิตอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล เนื่องจากไม่สามารถผลิตน้ำตาลได้อันเกิดจากการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่เกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน รวมถึงหากมีโรงงานน้ำตาลมากกว่าหนึ่งแห่งในระบบการจัดการอ้อย เป็นต้น



รายการอ้างอิง

- Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. **Computers & operations research**. 34(12), 3516-3540.
- Aliano Filho, A., Oliveira, W. A., & Melo, T. (2023). Multi-objective optimization for integrated sugarcane cultivation and harvesting planning. **European Journal of Operational Research**. 309(1), 330-344.
- Azizi, V., Hu, G., & Mokari, M. (2020). A two-stage stochastic programming model for multi-period reverse logistics network design with lot-sizing. **Computers & Industrial Engineering**. 143, 106397.
- Bandara, D. (2012). Districting and dispatching policies to improve the efficiency of emergency medical service (EMS) systems.
- Basnet, C., & Leung, J. M. (2005). Inventory lot-sizing with supplier selection. **Computers & Operations Research**. 32(1), 1-14.
- Beheshti-Fakher, H., Nourelfath, M., & Gendreau, M. (2016). Joint planning of production and maintenance in a single machine deteriorating system. **IFAC-PapersOnLine**. 49(12), 745-750.
- Beraldi, P., Ghiani, G., Guerriero, E., & Grieco, A. (2006). Scenario-based planning for lot-sizing and scheduling with uncertain processing times. **International Journal of Production Economics**. 101(1), 140-149.
- Brüggemann, W., & Jahnke, H. (2000). The discrete lot-sizing and scheduling problem: Complexity and modification for batch availability. **European Journal of Operational Research**. 124(3), 511-528.
- Carter, G. M., Chaiken, J. M., & Ignall, E. (1972). Response areas for two emergency units. **Operations Research**. 20(3), 571-594.
- Černý, V. (1985). Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An

- efficient simulation algorithm. **Journal of optimization theory and applications.** 45, 41-51.
- Cheng, Y., and Li, Y. (2021). Integrated optimization of multiproduct multiperiod transportation and inventory under a carbon cap constraint for online retailers. **Transportation Safety and Environment.** 3(3), tdab012.
- Diaz, J. A., & Perez, H. G. (2000). Simulation and optimization of sugar cane transportation in harvest season. In *2000 Winter Simulation Conference Proceedings* (pp. 1114-1117). IEEE.
- Fleischmann, B. (1990). The discrete lot-sizing and scheduling problem. **European Journal of Operational Research.** 44(3), 337-348.
- Fleischmann, B., & Paraschis, J. N. (1988). Solving a large scale districting problem: a case report. **Computers & Operations Research.** 15(6), 521-533.
- Gass, S. I. (1968). On the division of police districts into patrol beats. In *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference* (pp. 459-473).
- Geroliminis, N., Karlaftis, M. G., & Skabardonis, A. (2009). A spatial queuing model for the emergency vehicle districting and location problem. **Transportation research part B: methodological.** 43(7), 798-811.
- Grunow, M., Günther, H. O., & Westinner, R. (2007). Supply optimization for the production of raw sugar. **International Journal of Production Economics.** 110(1-2), 224-239.
- Guise, J. W., & Ryland, G. J. (1969). Production scheduling and allocation: a normative decision model for sugar milling. **Australian Journal of Agricultural Economics.** 13(1), 8-24.
- Gutiérrez-Andrade, M. Á., Rincón-García, E. A., de-los-Cobos-Silva, S. G., Lara-Velázquez, P., Mora-Gutiérrez, R. A., & Ponsich, A. (2019). Simulated annealing and artificial bee colony for the redistricting process in Mexico. **INFORMS Journal on Applied Analytics.** 49(3), 189-200.
- Hess, S. W., Weaver, J. B., Siegfeldt, H. J., Whelan, J. N., & Zitlau, P. A. (1965). Nonpartisan political redistricting by computer. **Operations Research.** 13(6), 998-1006.

- Higgins, A. (2006). Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: A case study at an Australian sugar mill. **European journal of operational research**. 170(3), 987-1000.
- 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(2), 99-115.
- Hojati, M. (1996). Optimal political districting. **Computers & Operations Research**. 23(12), 1147-1161.
- Hu, Z., & Hu, G. (2016). A two-stage stochastic programming model for lot-sizing and scheduling under uncertainty. **International Journal of Production Economics**. 180, 198-207.
- Hsu, W. L. (1983). On the general feasibility test of scheduling lot sizes for several products on one machine. **Management science**. 29(1), 93-105.
- Iannoni, A. P., Morabito, R., & Saydam, C. (2009). An optimization approach for ambulance location and the districting of the response segments on highways. **European Journal of Operational Research**. 195(2), 528-542.
- Jafari, L., and Makis, V. (2016). Optimal lot-sizing and maintenance policy for a partially observable production system. **Computers & Industrial Engineering**. 93, 88-98.
- Jena, S. D., & Poggi, M. (2013). Harvest planning in the Brazilian sugar cane industry via mixed integer programming. **European Journal of Operational Research**. 230(2), 374-384.
- Khamjan, W., Khamjan, S., & Pathumnakul, S. (2013). Determination of the locations and capacities of sugar cane loading stations in Thailand. **Computers & Industrial Engineering**. 66(4), 663-674.
- Khouja, M., Michalewicz, Z., & Wilmot, M. (1998). The use of genetic algorithms to solve the economic lot size scheduling problem. **European Journal of Operational Research**. 110(3), 509-524.
- Kirkpatrick, S., Gelatt Jr, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. **Science**. 220(4598), 671-680.

- Larson, R. C. (1974). A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services. **Computers & Operations Research**. 1(1), 67-95.
- Larson, R. C. (1974). Urban emergency service systems: An iterative procedure for approximating performance characteristics. Rand.
- Larson, R. C. (1975). Approximating the performance of urban emergency service systems. **Operations research**. 23(5), 845-868.
- Larson, R. C., & Stevenson, K. A. (1972). On insensitivities in urban redistricting and facility location. **Operations Research**. 20(3), 595-612.
- Milan, E. L., Fernandez, S. M., & Aragonés, L. M. P. (2006). Sugar cane transportation in Cuba, a case study. **European Journal of Operational Research**. 174(1), 374-386.
- Mishra, N., Kumar, V., Kumar, N., Kumar, M., & Tiwari, M. K. (2011). Addressing lot sizing and warehousing scheduling problem in manufacturing environment. **Expert Systems with Applications**. 38(9), 11751-11762.
- Muyldermans, L. (2003). Routing, districting and location for arc traversal problems. **Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies**. 1, 169-172.
- Neungmatcha, W., Sethanan, K., Gen, M., & Theerakulpisut, S. (2013). Adaptive genetic algorithm for solving sugarcane loading stations with multi-facility services problem. **Computers and electronics in agriculture**. 98, 85-99.
- Piewthongngam, K., Pathumnakul, S., & Setthanan, K. (2009). Application of crop growth simulation and mathematical modeling to supply chain management in the Thai sugar industry. **Agricultural Systems**. 102(1-3), 58-66.
- Pongpat, P., Mahmood, A., Ghani, H. U., Silalertruksa, T., & Gheewala, S. H. (2023). Optimization of food-fuel-fibre in biorefinery based on environmental and economic assessment: The case of sugarcane utilization in Thailand. **Sustainable Production and Consumption**. 37, 398-411.
- Pongwanich-Anan, U. (2009). Study of cost and benefit for sugar cane production, Tambon Don Chedi, Amphur Phanomthuan, Karnchanaburi Province, Crop Year

- 2007/2008. Master of Economics Degree in Managerial Economics at Srinakharinwirot University.
- Ricca, F., & Simeone, B. (2008). Local search algorithms for political districting. **European Journal of Operational Research**. 189(3), 1409-1426.
- Rossiter, K. M. (2015). Evaluating Multiple Criteria for (Re) Districting. Doctoral dissertation, George Mason University.
- Shirabe, T. (2009). Districting modeling with exact contiguity constraints. **Environment and Planning B: Planning and Design**. 36(6), 1053-1066.
- Sox, C. R., Jackson, P. L., Bowman, A., & Muckstadt, J. A. (1999). A review of the stochastic lot scheduling problem. **International Journal of Production Economics**. 62(3), 181-200.
- Stadtler, H., & Sahling, F. (2013). A lot-sizing and scheduling model for multi-stage flow lines with zero lead times. **European Journal of Operational Research**. 225(3), 404-419.
- Talbi, E. G. (2009). Metaheuristics: from design to implementation. John Wiley & Sons.
- Tavares-Pereira, F., Figueira, J. R., Mousseau, V., & Roy, B. (2007). Multiple criteria districting problems: The public transportation network pricing system of the Paris region. **Annals of Operations Research**. 154, 69-92.
- Thuankaewsing, S., Khamjan, S., Piewthonggam, K., & Pathumnakul, S. (2015). Harvest scheduling algorithm to equalize supplier benefits: A case study from the Thai sugar cane industry. **Computers and Electronics in Agriculture**. 110, 42-55.
- Tukaew, S., Datta, A., Shivakoti, G. P., & Jourdain, D. (2016). Production practices influenced yield and commercial cane sugar level of contract sugarcane farmers in Thailand. **Sugar Tech**. 18, 299-308.
- Wagelmans, A., Van Hoesel, S., & Kolen, A. (1992). Economic lot sizing: An $O(n \log n)$ algorithm that runs in linear time in the Wagner-Whitin case. **Operations Research**. 40(1-supplement-1), S145-S156.

ประวัติผู้เขียน

นายสุดที่รัก ป้องแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2542 ณ จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ บ้านเลขที่ 19 หมู่ที่ 2 ตำบลกุดจิก อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา และ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต อัตโนมัตินและหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2563 หลังจากจบการศึกษา ได้เห็นโอกาสการศึกษาต่อในระดับปริญญาโท เนื่องจากมีครอบครัวคอย สนับสนุน จึงมีแรงจูงใจในการศึกษาต่อในสาขาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2564 ขณะที่ศึกษาระดับปริญญาโทได้มีโอกาสเป็น ผู้ช่วยสอนปฏิบัติการและวิจัยในสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต เช่น (1) Material testing laboratory (2) Industrial robot operation (3) Machine structure design ทำให้ผู้วิจัยได้นำความรู้และ ประสบการณ์เหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย จากการทำวิจัยทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ในปัญหาการ กำหนดพื้นที่เขตและขนาดล้อตการขนส่งเป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี