

การแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรงานแบบหลายระดับชั้น:
กรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทน จังหวัดนราธิวาส
โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

ไชยา โฉมเฉลา

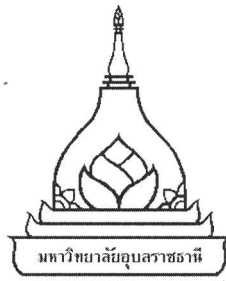
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



SOLVING MULTI LEVEL LOCATION-ALLOCATION PROBLEM: A CASE STUDY
IN THE PLANTING OF RENEWABLE ENERGY CROPS IN THE NARATHIWAT
PROVINCE WHEN THE SABOTAGE RISK IS CONSIDERED

CHAIYA CHOMCHALAO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น: กรณีศึกษา
การเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการ
ก่อวินาศกรรม

ผู้วิจัย นายไชยา โฉมเฉลา

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สีนุชเชาวน์

ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชุตตา พันธนิกุล

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรรศิน ศรีวราพงศ์

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่ง กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ให้คำปรึกษา เป็นอย่างดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณท่าน อาจารย์ ดร.ปรุฬ ณะยะเฉียว ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และให้โอกาสเข้ารับการศึกษาน ณ สถาบันแห่งนี้

ขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าของท่าน มาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชุตา พันธนิกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรรดิน ศรีวรพงศ์ ที่ช่วย กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำ ขอขอบพระคุณ ทางมหาวิทยาลัยนครพนม ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและให้ได้รับโอกาสในการเข้ารับการศึกษาคือ รวมทั้งคณาจารย์ บุคลากรของทางมหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เป็นอย่างยิ่ง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสงวน-คุณแม่ละมัย โฉมเฉลา ตลอดจนทุกคนในครอบครัว ขอบคุณภรรยาและบุตรที่คอยให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และนอกจากนี้ ขอขอบคุณ ดร.อนุรักษ์ ชัยวิเชียร ดร.กนกวรรณ สุภักดี และบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่านซึ่งไม่อาจกล่าวนามของท่านในที่นี้ได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ไชยา โฉมเฉลา

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

- เรื่อง : การแก้ปัญหการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น
กรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส โดยพิจารณา
ภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม
- ผู้วิจัย : ไชยา โฉมเฉลา
- ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฐ์บัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
- อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
- ศัพท์สำคัญ : การแก้ปัญหการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงาน, พืชพลังงานทดแทน,
การหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์, อัลกอริทึมด้วยวิธีการวิวัฒนาการ
โดยใช้ผลต่าง, การโมดิฟายอัลกอริทึมด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง,
เงื่อนไขความเสี่ยง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานแบบหลายระดับชั้น โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม เพื่อแก้ปัญหกรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส ให้มีต้นทุนการดำเนินกิจกรรมของโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน การปลดปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมและสภาวะความเสี่ยงภายใต้การดำเนินกิจกรรม ล่าสุด ในปัญหานี้ เราได้พัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์และนำเสนอวิธีการหาค่าคำตอบด้วยวิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบมาตรฐาน (Differential Evolution Algorithm: DE) และวิธีการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาด้วยการโมดิฟายวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Modified Differential Evolution Algorithm: MDE) ด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด ซึ่งทั้ง 2 วิธีการหาค่าตอบ เราได้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่แตกต่างกัน 2 วิธี และนอกจากนั้นเราได้เพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วย 3 เทคนิค Local search

ผลการทดลองพบว่าวิธีการ MDE ที่เราได้พัฒนาขึ้นมาให้คุณภาพคำตอบที่ดีกว่า สามารถลดต้นทุนได้อีกโดยประมาณ 1% จากเดิมที่วิธีการโดยใช้ผลต่างแบบมาตรฐาน (DE) ที่แสดงผลลัพธ์คำตอบทั้ง 75 ตัวอย่างการทดลองและกรณีศึกษา ใช้เวลาประมวลผลได้เร็วกว่าการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 โดยวิธีการโมดิฟายวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง ด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด ด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1 (MDE1) สามารถให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดี 42 ตัวอย่างการทดลอง และกรณีศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 และในส่วนการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคำตอบด้วย 3 เทคนิค Local search วิธีการ Insertion move algorithm ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดกับการทดลองตัวอย่างทดลอง และการแก้ปัญหกรณีศึกษาวิธีการโมดิฟายวิธีการวิวัฒนาการร่วมกับการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการ Insertion move algorithm ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด

ABSTRACT

TITLE : SOLVING MULTI LEVEL LOCATION-ALLOCATION PROBLEM:
A CASE STUDY IN THE PLANTING OF RENEWABLE ENERGY
CROPS IN THE NARATHIWAT PROVINCE WHEN THE SABOTAGE
RISK IS CONSIDERED

AUTHOR : CHAIYA CHOMCHALAO

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC.PROF. RAPEEPAN PHITAKHASO, Ph.D.

KEYWORDS : LOCATION ALLOCATION PROBLEM, RENEWABLE ENERGY CROPS,
DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM, MODIFIED DIFFERENTIAL
EVOLUTION ALGORITHM, RISK CONDITIONS

This research is to solve a multi-level location-allocation problem, along with considering the risks of sabotage. We focus on the case study of growing renewable energy plants in Narathiwat Province. The goal is to have the lowest operating costs of oil palm logistics and the lowest transportation emission costs considering the risks of sabotage as well. We have developed a mathematical model and presented a way of finding the most proper solution by using differential evolution algorithm (DE). The method that the researcher had developed is called modified differential evolution algorithm (MDE). MDE works by increasing or decreasing the number of population of the next generation in the best vector. For both methods of finding a solution, we have shown 2 different decoding approaches that provide different efficiency. Moreover, we have increased the efficiency in adjusting quality solution using the local search technique.

The result shows that the MDE that we had developed provides a better solution. It can reduce costs by approximately 1% compared to the traditional DE. It shows results from all 75 sample tests and the case study by using less processing time compared to LINGO V.11. By increasing or decreasing the number of population of the next generation in the best vector, the first decoding approach of the modified differential evolution can provide 42 efficient sample test results and the case study when compared to the results from LINGO V.11. In increasing the efficiency in adjusting quality solution using the local search technique, insertion move algorithm provides the best result with the sample tests. For solving the problem of the case study using

MDE along with adjusting the results, insertion move algorithm provides the best result.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สมมติฐานการวิจัย	5
1.4 กรอบแนวคิดของงานวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย	9
2.2 การส่งเสริมการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทน/	11
2.3 สถานการณ์ความไม่สงบในสามจังหวัดชายแดนใต้	12
2.4 กิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน	13
2.5 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม	14
2.6 ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน	17
2.7 ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่มีความเสี่ยง	20
2.8 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่มีหลายวัตถุประสงค์หลายระดับชั้น	23
2.9 วิธีการหาคำตอบ	26
2.10 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่าง	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	39
3.2 การรวบรวมข้อมูล	40
3.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	46
3.4 การสร้างตัวอย่างเพื่อการทดลอง	46
3.5 การหาคำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การวัดประสิทธิภาพคำตอบด้วยการเปรียบเทียบกับโปรแกรม LINGO V.11	49
3.7 บทสรุป	51
บทที่ 4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง และการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้นและผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO	
4.1 ดัชนี	52
4.2 ตัวแปรที่ทราบค่า	52
4.3 ตัวแปรตัดสินใจ	53
4.4 สมการเป้าหมาย	54
4.5 สมการข้อบ่งชี้	54
4.6 การทดสอบการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO V.11	56
4.7 สรุปผลการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO V.11	63
บทที่ 5 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	
5.1 ขั้นตอนวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	67
5.2 การประยุกต์ใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย	70
5.3 ผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างการทดลองด้วยวิธีการถดถอยทั้ง 2 วิธีการ	84
5.4 สรุปผลการทดลอง	89
บทที่ 6 การโมดิฟายดีในการสร้างโอกาสของประชากรในการพัฒนาค้นหาคำตอบด้วยรูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด	
6.1 แร่งบันไดในการเพิ่มจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ช่วยค้นหาคำตอบ	94
6.2 รูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ช่วยค้นหาคำตอบ	95
6.3 วิธีการค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์	96
6.4 ผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างการทดลองด้วยวิธีการค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่มลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์	100
6.5 สรุปผลการทดลอง	103
บทที่ 7 การพัฒนาคำตอบด้วยวิธี Local search	
7.1 การพัฒนาคำตอบด้วยวิธี local search	108
7.2 ผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างการทดลองด้วยวิธี local search	110
7.3 สรุปผลการทดลอง	111

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 8 การแก้ปัญหา กรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส	
โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม ด้วยวิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	
8.1 ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษา	114
8.2 ผลการทดลอง	120
8.3 สรุปผลการทดลอง	120
บทที่ 9 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	
9.1 สรุปผลการวิจัย	123
9.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางของการวิจัยในอนาคต	125
เอกสารอ้างอิง	126
ภาคผนวก	
ก ผลลัพธ์คำตอบตัวอย่างการทดลอง Ins.5.4.3 ด้วยการใช้โปรแกรม LINGO V.11	135
ข การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	137
ค การประเมินประสิทธิภาพของโมติฟายด์วิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	141
ประวัติผู้วิจัย	146

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	คำศัพท์เฉพาะและความหมาย	8
2.1	สถิติการนำเข้าน้ำมันดิบและการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปของประเทศไทย ปี 2542 – 2559 (หน่วย: ล้านบาท)	10
2.2	การใช้น้ำมันภาคขนส่งทางบก ปี 2557 – 2559 (หน่วย: KTOE)	11
2.3	เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้	12
2.4	สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
3.1	ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด แหล่งปลูกปาล์มน้ำมันของกรณีศึกษา	40
3.2	เมตริกระยะทางในการขนส่งระหว่างแหล่งปลูกปาล์มและลานเทปาล์มน้ำมัน (หน่วย: กิโลเมตร)	42
3.3	ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด ลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	43
3.4	เมตริกระยะทางในการขนส่งระหว่างลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (หน่วย: กิโลเมตร)	44
3.5	ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่การเพาะปลูกจังหวัดนราธิวาส	44
3.6	จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่ได้รับในเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่างเกษตรกรไปยัง ลานเท (หน่วย: จำนวนประชากรโดยเฉลี่ย)	45
3.7	ความน่าจะเป็นเกิดเหตุการณ์ระเบิดพื้นที่เกษตรกรไปยังพื้นที่ลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิด	46
4.1	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.1 ด้วย LINGO V.11	57
4.2	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.2 ด้วย LINGO V.11	57
4.3	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.3 ด้วย LINGO V.11	57
4.4	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.4 ด้วย LINGO V.11	58
4.5	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.5 ด้วย LINGO V.11	58
4.6	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 10.1 ด้วย LINGO V.11	58
4.7	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 10.2 ด้วย LINGO V.11	58
4.8	ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 10.3 ด้วย LINGO V.11	59
4.9	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 10.4 ด้วย LINGO V.11	59
4.10	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 10.5 ด้วย LINGO V.11	59
4.11	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.1 ด้วย LINGO V.11	59
4.12	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.2 ด้วย LINGO V.11	60
4.13	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.3 ด้วย LINGO V.11	60
4.14	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.4 ด้วย LINGO V.11	60
4.15	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.5 ด้วย LINGO V.11	60
4.16	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.1 ด้วย LINGO V.11	61
4.17	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.2 ด้วย LINGO V.11	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.3 ด้วย LINGO V.11	61
4.19	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.4 ด้วย LINGO V.11	61
4.20	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.5 ด้วย LINGO V.11	62
4.21	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.1 ด้วย LINGO V.11	62
4.22	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.2 ด้วย LINGO V.11	62
4.23	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.3 ด้วย LINGO V.11	62
4.24	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.4 ด้วย LINGO V.11	63
4.25	ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.5 ด้วย LINGO V.11	63
4.26	สรุปผลการทดลองของตัวอย่างการทดลองที่แสดงสถานะคำตอบ feasible solution	66
5.1	การสร้างประชากรเริ่มต้นด้วยการเข้ารหัสค่าเลขสุ่ม	71
5.2	ชุดเลขสุ่ม NP1 เดิมที่ยังไม่ได้จัดเรียงลำดับจากน้อยไปมาก	71
5.3	ชุดเลขสุ่ม NP1 ที่ได้จัดเรียงชุดเลขสุ่มจากน้อยไปมาก	71
5.4	การจัดกลุ่มและการลบพื้นที่ที่ถูกใช้ออก	72
5.5	การหาคำตอบเมื่อลานเทไม่สามารถรับผลผลิตจากเกษตรกร i ที่เหลืออยู่แต่มีพื้นที่โรงงาน l เหลืออยู่	73
5.6	การเปิดลานเทใหม่แต่ยังเป็นโรงงานเดิม	73
5.7	การจัดกลุ่มเมื่อโรงงานปัจจุบันไม่มีพื้นที่พอต่อสมาชิกที่เหลืออยู่จะทำการปิดโรงงาน	74
5.8	การจัดกลุ่มครบทุกรายและไม่ละเมิดเงื่อนไขในทุก ๆ กรณี	74
5.9	ผลการคำนวณพื้นที่ที่ถูกใช้ของยานพาหนะ ลานเทและโรงงาน	77
5.10	การเพิ่มสมาชิกเข้ายานพาหนะ ลานเทและโรงงานปัจจุบัน	77
5.11	การปิดรับสมาชิกของโรงงานที่ 1	78
5.12	การสิ้นสุดการจัดสรรกลุ่มสมาชิกเกษตรกร i	79
5.13	การปรับเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตามสมการ (5.1)	81
5.14	รูปแบบการแลกเปลี่ยนค่าในแต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์	81
5.15	TRIAL VECTOR ของแต่ละ NP1 – NP5	82
5.16	การดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างคู่ของ TARGET VECTOR ของ α_0 และ TRIAL VECTOR ของ α_0 TRIAL VECTOR ของแต่ละ NP1 – NP5	83
5.17	TARGET VECTOR ในรอบที่ 2	83
5.18	ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการถดถอยเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ของจำนวนเกษตรกร $N=5$ ราย โดยกำหนดค่า NP = 20 ITERATION = 1,000 รอบ	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.19 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการถดถอย เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ของ จำนวนเกษตร N=10 ราย โดยกำหนดค่า NP=100 ITERATION=2,000 รอบ	87
5.20 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการถดถอย เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ของ จำนวนเกษตร N=20 ราย โดยกำหนดค่า NP=100 ITERATION=5,000 รอบ	88
5.21 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการถดถอย เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ของ จำนวนเกษตร N=50 ราย โดยกำหนดค่า NP=100 ITERATION=5,000 รอบ	88
5.22 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการถดถอย เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ของ จำนวนเกษตร N = 100 ราย โดยกำหนดค่า NP = 100, ITERATION = 10,000 รอบ	89
6.1 รูปแบบการเรียกใช้จำนวนประชากรในแต่ละรอบค้นหาคำตอบ	95
6.2 การจำลองสถานการณ์ตัวอย่างในกรณีที่เกิดคำตอบซ้ำของชุดประชากรในรอบที่ 60 จากการกำหนดการวนซ้ำที่ 100 รอบ	96
6.3 การปรับเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันเวกเตอร์ตามสมการ (5.1)	97
6.4 การแลกเปลี่ยนค่าในแต่ละฟังก์ชันเวกเตอร์ ด้วยค่า CR = 0.7	97
6.5 การดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างคู่ของ TARGET VECTOR และ TRIAL VECTOR ของการสร้างโอกาสประชากรในการพัฒนาคำตอบ	98
6.6 การเรียกใช้จำนวนประชากรในรอบที่ 2	99
6.7 การดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างคู่ของ TARGET VECTOR และ TRIAL VECTOR ของการสร้างโอกาสประชากรในการพัฒนาคำตอบ รอบที่ 2	99
6.8 ชุดฟังก์ชันเวกเตอร์ของแต่ละประชากรเพื่อดำเนินการหาคำตอบในรอบต่อไป	99
6.9 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ที่มีจำนวนเกษตร N = 5 ราย โดยกำหนดค่า NP = 20 ITERATION = 1,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 40 ครั้ง	100
6.10 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ที่มีจำนวนเกษตร n = 10 ราย โดยกำหนดค่า NP = 100 Iteration = 2,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง	101
6.11 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ที่มีจำนวนเกษตร N = 20 ราย โดยกำหนดค่า NP = 100 ITERATION = 5,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.12 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ที่มีจำนวนเกชตร N = 50 ราย โดยกำหนดค่า NP = 100 ITERATION = 5,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง	102
6.13 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ที่มีจำนวนเกชตร N = 100 ราย โดยกำหนดค่า NP = 100 ITERATION = 10,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง	102
7.1 การปรับปรุงคำตอบตัวอย่างการทดลองที่มีประสิทธิภาพคำตอบอยู่ในช่วง 70 – 90% ของ MDE1	111
7.2 ตัวอย่างการทดลอง INS.20.4.1 ตามวิธี MDE1 ที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับปรุงคำตอบ	112
7.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพคำตอบทั้ง 3 เทคนิค LOCAL SEARCH	113
8.1 ผลการทดลองการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้ง 4 อัลกอริทึมและ 3 เทคนิค LOCAL SEARCH	120
8.2 ผลลัพธ์คำตอบของกรณีศึกษาระหว่างการใช้ LINGO V.11 กับ MDE1 + INSERTION	121

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมของเอทานอลและไบโอดีเซล ระหว่างปี 2551-2558	2
1.2	สถิติความรุนแรงในเหตุการณ์ความไม่สงบในสามจังหวัดชายแดนใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2555	3
1.3	กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน	4
1.4	กิจกรรมการขนส่งปาล์มน้ำมัน เริ่มจากเกษตรกรแต่ละรายส่งไปยังลานเทและสิ้นสุดที่ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	6
2.1	สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศไทยในเดือนมกราคม 2559	9
2.2	จำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ในรอบ 13 ปี	13
2.3	กิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน	13
2.4	รูปแบบการเลือกตำแหน่งสถานที่ตั้งที่เหมาะสม	14
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในภาพรวม	41
3.2	การหาระยะทางระหว่างตำบลบางแค ไปตำบลลำภู ด้วยจากการใช้ Google earth	42
3.3	การหาระยะทางระหว่างตำบลลูโบะปือซา ไปโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มสหกรณ์คม บาเจาะ จำกัด ด้วยจากการใช้ Google earth	43
3.4	แผนภาพการดำเนินงานตามกระบวนการของ DE	48
3.5	การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหาด้วยการใช้โปรแกรม LINGO V.11	49
3.6	ผลลัพธ์จากการทำงานตามตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	50
3.7	ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานโปรแกรมตามอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาด้วยวิธี DE	50
4.1	ผลลัพธ์คำตอบของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ได้แสดงสถานะคำตอบ feasible	65
5.1	แผนภาพการดำเนินงานตามกระบวนการของ DE	67
5.2	การผ่าเหล่าโดยผลต่าง: ด้วยผลต่างในการถ่วงน้ำหนัก เป็นการเพิ่มเวกเตอร์เพื่อ ดำเนินการผ่าเหล่า	68
5.3	การเพิ่มเติม trial vector ที่เป็นไปได้ $u_{(i,g)}^{\wedge}, u_{(i,g)}^{\wedge}$ เมื่อ $x_{(i,g)}$ และ $V_{(i,g)}$ เป็นรูปแบบการข้ามฟาก	69
5.4	กระบวนการของ DE	70
5.5	การสร้างจำนวนยานพาหนะจำลอง	76
5.6	การจัดคู่เพื่อสลับเปลี่ยนตำแหน่งภายในช่วงของเวกเตอร์เกษตรกร	80
5.7	ผลลัพธ์ที่ได้จากการสลับเปลี่ยนตำแหน่งในช่วงของเวกเตอร์	80
5.8	ผลการทดสอบด้านสถิติในการสร้างคุณภาพคำตอบของจำนวนประชากรและจำนวน รอบการวนซ้ำหาคำตอบ	86
5.9	ผลการทดสอบด้านสถิติด้านเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของใช้จำนวนประชากรและ จำนวนรอบการวนซ้ำหาคำตอบ	86
5.10	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบทางด้านสถิติของตารางที่ 5.18	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.11	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.18	90
5.12	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.19	91
5.13	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.20	91
5.14	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.21	92
5.15	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.22	92
5.16	การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยรวมทั้งหมดของวิธีการหาคำตอบ DE1 และ DE2 ในแต่ละขนาดตัวอย่างการทดลอง	93
6.1	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบทางด้านสถิติของตารางที่ 6.8	103
6.2	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.8	104
6.3	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.9	104
6.4	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.10	105
6.5	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.11	105
6.6	ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.12	106
6.7	การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยรวมทั้งหมดของวิธีการหาคำตอบ MDE1 และ MDE2 ในแต่ละขนาดตัวอย่างการทดลอง	106
7.1	ขั้นตอนรหัสเทียม (Pseudo Code) วิธีการ local search	108
7.2	ตัวอย่างการดำเนินการสลับคู่ตำแหน่ง	109
7.3	ตัวอย่างการดำเนินการผลัดเปลี่ยน	110
7.4	ตัวอย่างการดำเนินการวิธีการแทรก	110
8.1	ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบมาตรฐาน	116
8.2	ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและการโมดิฟายด์การเพิ่มลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด	117
8.3	ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและการพัฒนาคำตอบด้วยวิธี local search	118
8.4	ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง การโมดิฟายด์การเพิ่มลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด และการพัฒนาคำตอบด้วย วิธี local search	119

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8.5	การเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบระหว่าง DE รูปแบบเดิม การโมดิฟายด์ DE และการเพิ่ม 3 เทคนิค local search ด้วยการถอดรหัส 2 วิธี	122
9.1	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบรวมของ 4 อัลกอริทึม	123
9.2	ผลรวมการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ 5 ตัวอย่างการทดลองในตารางที่ 7.1 ด้วยวิธี MDE1 ร่วมกับการปรับปรุงคำตอบของแต่ละอัลกอริทึมใน 3 เทคนิค local search	124
9.3	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของกรณีศึกษาในตารางที่ 8.1 ที่ใช้ร่วมเพื่อปรับปรุง DE1 DE2 MDE1 และ MDE2 ของแต่ละอัลกอริทึมใน 3 เทคนิค local search	124

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการเลือกทำเลที่ตั้งของธุรกิจมีบทบาทที่สำคัญอย่างมากต่อการตัดสินใจในเชิงกลยุทธ์ที่จะช่วยให้ประสบผลสำเร็จในการแข่งขันในระดับประเทศ โดยการเพิ่มศักยภาพการเชื่อมโยงโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงในแต่ละด้าน เป็นการเปิดรับโอกาสสู่ความสำเร็จและผลตอบแทนที่เหมาะสมมากขึ้น มีหลาย ๆ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพิจารณาการหาทำเลที่ไม่สามารถปฏิเสธ ระดับความสำคัญของการจัดสรรงานที่มีส่วนช่วยผลักดันสร้างความพึงพอใจในแต่ละช่วงของการรับหรือส่งสินค้าตามความสัมพันธ์ของโครงข่ายธุรกิจที่ช่วยให้ประสบผลสำเร็จมากขึ้น ดังนั้นการลดต้นทุนหรือเพิ่มผลกำไรที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของกิจกรรมเป็นจุดมุ่งหมายที่แต่ละองค์กรต่างก็ให้ความสนใจ อย่างเช่น การส่งเสริมการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนที่หลาย ๆ ประเทศถือเป็นนโยบายที่ต้องถูกกำหนดไว้เพื่อรองรับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเข้าไปศึกษาการดำเนินงานการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน เป็นอีกหนึ่งวิธีการที่จะช่วยให้ประสบความสำเร็จ สามารถลดต้นทุนภายในกิจกรรมนี้ได้

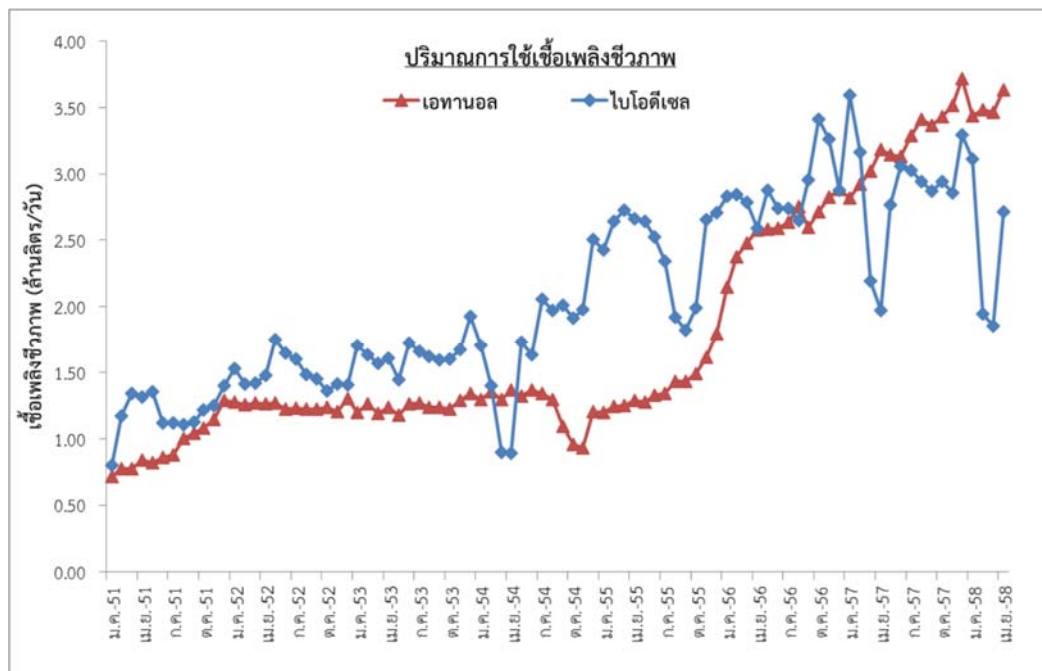
โดยสาระสำคัญ การนำเสนองานวิจัยในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์งานวิจัย กรอบแนวคิดของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาในการแก้ปัญหางานวิจัยนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นับจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงปิโตรเลียมมากกว่าแสนล้านบาท มีมูลค่าการซื้อขายเพิ่มขึ้นทุกปี ตามราคาผันผวนของน้ำมันตลาดโลก จากข้อมูลสถิติการนำเข้า น้ำมันดิบในประเทศปี พ.ศ. 2542 มีมูลค่าการนำเข้า 148,120.1 ล้านบาท และมีมูลค่าการซื้อขายสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี การนำเข้าน้ำมันจะอยู่ใน 10 อันดับต้น ๆ ของประเทศมาโดยตลอด และผลสรุปล่าสุดในปี พ.ศ. 2559 มีมูลค่าการนำเข้า 537,513.8 ล้านบาท จากสภาวะมูลค่าความต้องการและความผันผวนของราคาน้ำมันตลาดโลกที่ประเทศไทยต้องเผชิญอยู่ สืบเนื่องมาจากน้ำมันเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และมีแนวโน้มที่จะหมดไปในไม่กี่สิบปีข้างหน้า จากที่เราเคยใช้เป็นพลังงานหลักในกิจกรรมต่าง ๆ ก็จะมีต้นทุนที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เราต้องหาแหล่งพลังงานใหม่ที่มีราคาถูกกว่าน้ำมัน

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในหลาย ๆ ประเทศที่สามารถสร้างและพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้นมาใช้เองได้ ซึ่งทางรัฐบาลก็ให้การสนับสนุนและส่งเสริมพลังงานทดแทนเพื่อนำมาใช้ในกิจการภายในประเทศ พืชพลังงานทดแทนเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับการส่งเสริม สามารถลดการพึ่งพาและการนำเข้า น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถหาได้จากท้องถิ่น เป็นพลังงานที่สะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ตลอดเวลา เสริมสร้างรากฐานเศรษฐกิจให้มีความมั่นคง และรักษาเงินตราต่างประเทศ ในปี พ.ศ. 2548 ได้มี

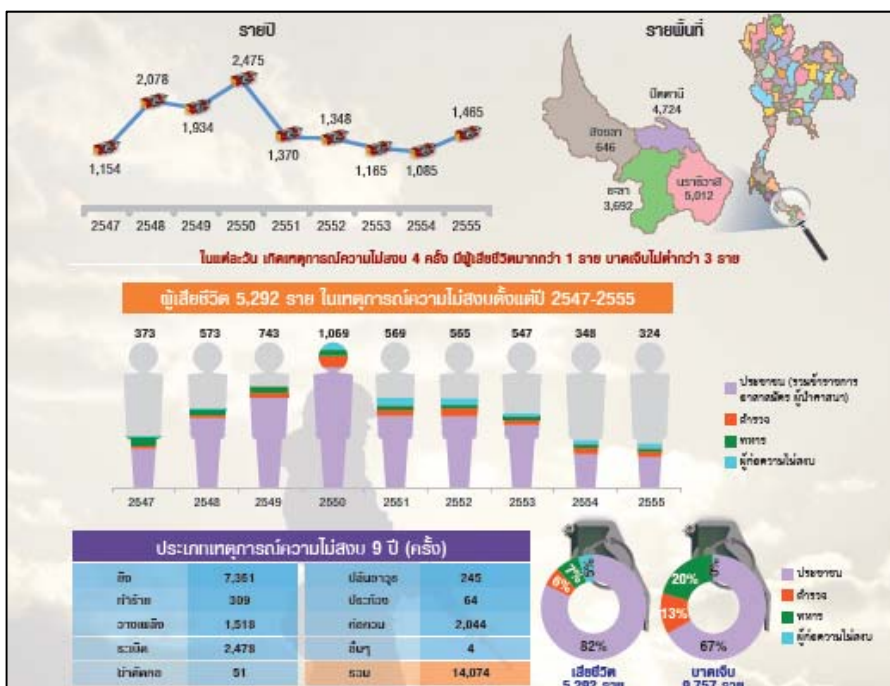
การเสนอนโยบายการพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันต่อรัฐบาลเพื่อพิจารณาแผนการพัฒนาและพลังงานทดแทนของประเทศ ต่อจากนั้นในปี 2551 เริ่มผสมใช้ไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วจากจุดเริ่มต้นความต้องการอยู่ที่ 0.8 ลิตร/วัน และในปี 2555 มีความต้องการเพิ่มขึ้นเป็น 2.67 ลิตร/วัน (ข้อมูลจากกรมธุรกิจพลังงาน) และรัฐบาลก็มีความคาดหวังที่จะให้มีการเพิ่มสัดส่วนการผสมไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วให้มากขึ้นในอนาคต



ภาพที่ 1.1 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมของเอทานอลและไบโอดีเซล ระหว่างปี 2551-2558
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2558: 5)

การขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันใหม่ตามแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม กระทรวงเกษตรฯ ได้มีการส่งเสริมพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 3 จังหวัดชายแดนใต้ แต่การผลักดันเพาะปลูกปาล์มน้ำมันที่มากขึ้นก็ยังมีปัญหาและอุปสรรคอยู่หลายประการที่ทำให้การพัฒนาไม่ต่อเนื่องหรือไม่เป็นไปตามทิศทางที่ได้วางเป้าหมายไว้ และแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่รัฐบาลมีความตั้งใจ มุ่งมั่น ที่จะส่งเสริมให้ประชากรในพื้นที่ที่มีความมั่นคงและเกิดสันติสุข และลดปัญหาความเหลื่อมล้ำด้านสังคม การก่อเหตุความไม่สงบในพื้นที่ การลงทุนในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีข้อจำกัดที่จะต้องพิจารณาองค์ประกอบของปัญหาอย่างรอบด้านเพื่อสร้างกฎเกณฑ์การตัดสินใจจากข้อมูลล่าสุดจากศูนย์เฝ้าระวังสถานการณ์ภาคใต้ (Deep South Watch-DSW) ระบุว่า นับตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม 2547 เป็นต้นมาถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2555 ในระยะเวลา 9 ปี โดยสถิติความรุนแรงในเหตุการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ มีเหตุการณ์เกิดขึ้นรวม 14,074 ครั้ง ข้อมูลในส่วนนี้จะมีเหตุการณ์ระเบิดเกิดขึ้นในชุมชนและเส้นทางคมนาคม 2,478 ครั้ง และจังหวัดนราธิวาสเป็นพื้นที่เกิดเหตุการณ์ความไม่สงบมากที่สุด 5,021 ครั้ง ตัวเลขแห่งความสูญเสียเหล่านี้ยังคงได้ระดับสูงขึ้น

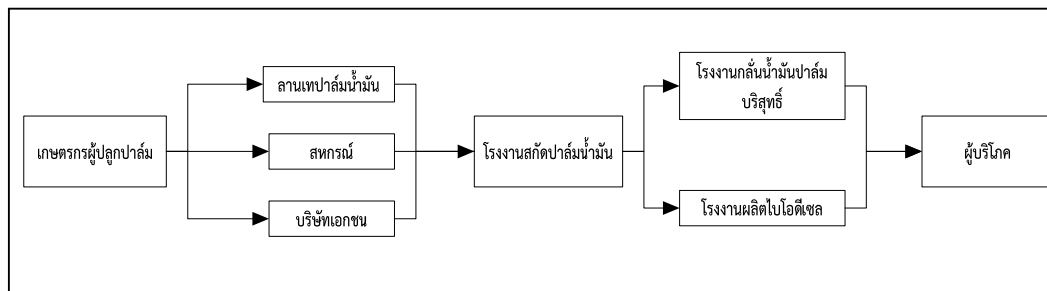
ความไม่ปลอดภัยจึงกลายเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ฉุดกระชากการลงทุนในพื้นที่ชายแดนใต้ให้ต่ำดิ่งลง ปัญหาความไม่ปลอดภัยเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้การลงทุนในพื้นที่ไม่ขยายตัวต่อเนื่องมาหลายปี



ภาพที่ 1.2 สถิติความรุนแรงในเหตุการณ์ความไม่สงบในสามจังหวัดชายแดนใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2555

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการตำรวจจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศชต.) (2555)

และอีกประเด็นที่สำคัญก็คือ ปัญหาต้นทุนการจัดการรวบรวมและการเคลื่อนย้ายผลผลิตปาล์ม น้ำมันรวมถึงการขนส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ไม่มีการบริหารจัดการที่ดีในระดับของชุมชนและส่วนต่อขยายในกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน จากการศึกษาการแก้ปัญหาการจัดการโลจิสติกส์ของผู้ผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อการค้าใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ (มีนาคม กระโหมงค์, 2556: 14-28) ได้พบว่า ด้านกิจกรรมการจัดการรวบรวมและการเคลื่อนย้ายผลผลิตปาล์มน้ำมันในจังหวัดนราธิวาสและยะลา เป็นระดับปัญหาต้น ๆ ที่ได้จากการศึกษา มีรูปแบบกิจกรรมดังภาพที่ 1.3 ประกอบด้วยกิจกรรมโลจิสติกส์หลายระดับ เริ่มตั้งแต่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มต้องพิจารณาจัดส่งผลผลิตปาล์มไปยังจุดรับซื้อเพื่อรวบรวมจัดส่งไปยังโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน แล้วส่งต่อไปยังโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ส่วนหนึ่งอีกส่วนจะเข้าสู่โรงงานผลิตไบโอดีเซล และสิ้นสุดที่ผู้บริโภค จะเห็นได้ว่าทุก ๆ ช่วงที่มีการส่งมอบวัตถุดิบจะมีต้นทุนเกิดขึ้นทุกครั้งประกอบกับสถานการณ์ความไม่สงบของพื้นที่ที่มีส่วนสำคัญต่อความปลอดภัย



ภาพที่ 1.3 กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน

ด้วยหลาย ๆ ปัจจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการแก้ปัญหาของพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้และการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในอนาคตที่ได้ดำเนินงานตามแผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมเพาะปลูกปาล์มน้ำมันของรัฐบาล การเข้าไปช่วยลดต้นทุนและสร้างความเชื่อมั่นแก่เกษตรกรสวนปาล์มและผู้ลงทุนถือเป็นส่วนสำคัญที่สามารถช่วยให้นโยบายของรัฐบาลประสบความสำเร็จ จากการดำเนินกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของเกษตรกรนั้นจะถูกกำหนดไว้ไม่สามารถจะเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้น การหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมเพื่อเป็นจุดรับซื้อผลผลิตปาล์มน้ำมันหรือลานเทปาล์มน้ำมันนั้นสามารถจะดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ได้อีกหนึ่งวิธี เพราะการหาตำแหน่งที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันจะเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเกษตรกรผู้ผลิตและโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน สามารถช่วยลดระยะทางในการส่งสินค้าเพื่อให้ต้นทุนด้านการขนส่งลดลง เป็นวิธีการจัดการกับปัญหามากกว่าหนึ่งปัญหาไปพร้อม ๆ กัน รูปแบบปัญหาจะจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (Location allocation problem: LAP) ที่มีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอผลงานวิธีการแก้ปัญหา LAP ในสถานการณ์ต่าง ๆ จากการเริ่มต้นนำเสนอผลงานของ Cooper, L. (1963) ต่อจากนั้นก็มีการพัฒนารูปแบบปัญหา LAP ให้มีความสอดคล้อง ใกล้เคียงกับสถานการณ์ความเป็นจริงมากขึ้น และผลงานวิจัยล่าสุดของ Saeidian, B. and et al. (2016) ก็ได้ให้ความสำคัญในการหาตำแหน่งที่ตั้งเช่นเดียวกัน เป็นการนำเสนอการหาสถานที่ทำการชั่วคราวของศูนย์บรรเทาภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวภายใต้เงื่อนไขงบประมาณอุปกรณ์สำหรับสถานที่ตั้งศูนย์ที่มีอย่างจำกัดและข้อจำกัดในสถานที่ตั้ง และในกรณีของสถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ของ 3 จังหวัดชายแดนใต้ จะมีรูปแบบปัญหาเช่นเดียวกับปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (LAP) จะต้องให้ความสำคัญต่อการพิจารณาในสถานการณ์ความเสี่ยงของการดำเนินกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน ซึ่งในงานวิจัยของเราได้กำหนดกรอบแนวคิดเพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ปัญหา ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุดไว้ 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

- (1) การให้ความสำคัญต่อต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อยที่สุด
- (2) การให้ความสำคัญต่อการลดปริมาณการปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
- (3) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดของพื้นที่ในด้านความปลอดภัยในเส้นทางส่งผลผลิตและการเปิดลานเทต่อการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุด

ซึ่งทั้ง 3 ประเด็นนี้จะมีส่วนร่วมต่อการพิจารณาทุก ๆ ขั้นตอนของการตัดสินใจเพื่อให้ได้รับคำตอบที่ดี ในทุก ๆ ด้าน แม้ว่าความซับซ้อนของปัญหาและการหาคำตอบจะมีเงื่อนไขที่ต้องพิจารณา

ในหลาย ๆ ด้าน รวมทั้งขีดความสามารถของพื้นที่ลานเท โรงงานผลิตปาล์มน้ำมันและยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

ปัญหาที่มีความซับซ้อน มีตัวแปรจำนวนมากในการหาคำตอบ อาจจะต้องใช้เวลาอย่างมากในการหาคำตอบด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป อย่างเช่นผลงานของ Shiripour, S. and et al. (2011) ที่ใช้ LINGO 9.0 software package หาคำตอบในปัญหา the capacitated location allocation problem in presence of k connections ให้ผลลัพธ์ global optimum solutions และการนำเสนอผลงานของ Cheng, C. Y. (2008) กับการทดลองในรูปแบบของสถานการณ์ปัญหาที่มีความแตกต่างกันและผลงานของ Pitakaso, R. and Thongdee, T. H. (2012) แต่การใช้โปรแกรมเข้าช่วยจัดการกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น ผลลัพธ์ที่แสดงก็ไม่สามารถยืนยันได้ว่าใช้เวลานานเท่าไรในการหาคำตอบ เพียงแต่ในแต่ละช่วงเวลาหาคำตอบจะแสดงสถานะความเป็นไปได้ของผลลัพธ์คำตอบที่แสดงและอยู่ภายใต้เงื่อนไขทั้งหมดในการออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และอีกมุมหนึ่งของงานวิจัยที่สามารถลดบางขั้นตอนที่ซับซ้อนในการหาคำตอบแต่ก็ได้รับผลลัพธ์ที่ดีและใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้วยวิธีฮิวริสติกและวิธีเมตาฮิวริสติก อย่างเช่นผลงานของ Pitakaso, R. and Thongdee, T. H. (2012) ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาคำตอบระหว่าง โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 กับการพัฒนาอัลกอริทึมด้วยกระบวนการโมดิฟายดิฟเฟอเรนเชียลโวลูชัน เพื่อวัดประสิทธิภาพคำตอบ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดเวลาการหาคำตอบเร็วกว่า LINGO V.11 ได้มากถึง 99%

ดังนั้นวิธีฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติกเป็นอีกหนึ่งในหลาย ๆ เหตุผลที่เราให้ความสนใจในการแก้ปัญหาที่ได้นำเสนอ ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถลดเวลาในการหาคำตอบในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องการหาค่าที่ดีที่สุดเท่าที่เป็นไปได้จากคำตอบที่เป็นไปได้ที่มีจำนวนมาก

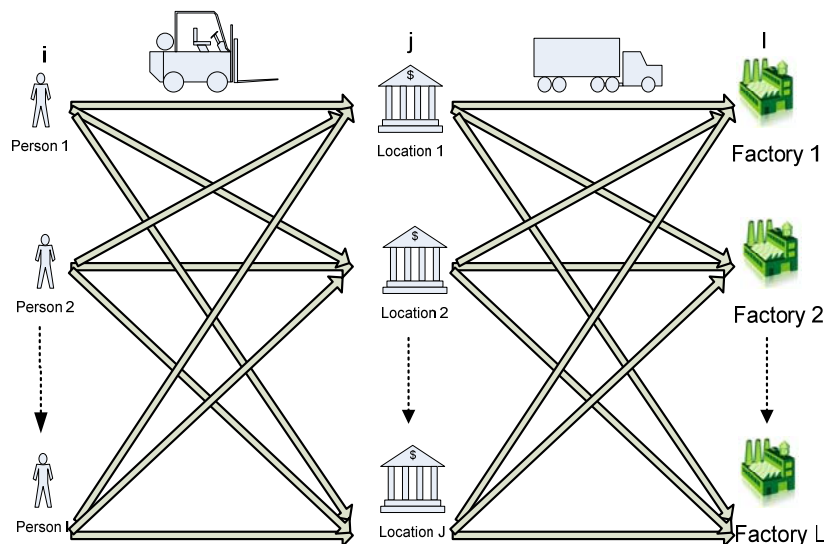
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้นของกรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม ที่คำนึงถึงความคุ้มค่าต่อต้นทุนในการดำเนินงานของกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน

1.2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีเมตาฮิวริสติกในการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้นของกรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม ที่คำนึงถึงความคุ้มค่าต่อต้นทุนในการดำเนินงานของกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ข้อสมมติฐานจะเป็นการวัดประสิทธิภาพในกระบวนการและผลลัพธ์คำตอบระหว่างการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปกับการพัฒนาเมตาฮิวริสติกที่ใช้ในแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่สร้างขึ้นและตัวอย่างปัญหาที่มีขนาดแตกต่างกันอาจให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 1.4 กิจกรรมการขนส่งปาล์มน้ำมัน เริ่มจากเกษตรกรแต่ละรายส่งไปยังลานเทและสิ้นสุดที่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

1.4 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

ในการศึกษาและแนวทางสำหรับการวิจัยของกิจกรรมโลจิสติกส์ของปาล์มน้ำมันเป็นการสมมติสถานการณ์ที่เป็นจริงมากที่สุดเป็นจุดเริ่มต้นและจำลองสถานการณ์ที่ละขั้นตอนของกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ โดยเริ่มจากการกำหนดหาสถานที่ตั้งที่เหมาะสมเพื่อทำการจัดซื้อและรวบรวมผลผลิตจากกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่แต่ละราย สามารถจัดส่งผลผลิตในอัตราคงที่ของแต่ละวัน สถานที่ตั้งที่ถูกเลือกนั้นจะมีความสามารถในการรวบรวมผลผลิต ซึ่งหมายถึง จะต้องมีการเปิดจุดรับซื้อมากกว่า 1 ราย เมื่อมีการรวบรวมผลผลิตจากเกษตรกรครบทุกราย แต่ละสถานที่ตั้งจะต้องดำเนินการจัดส่งผลผลิตไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีข้อจำกัดในขีดความสามารถในการผลิตแต่ละวันเช่นเดียวกัน ผลการดำเนินกิจกรรมที่เกิดขึ้นจะต้องพิจารณาถึง ต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวม ซึ่งประกอบไปด้วย กิจกรรมการขนส่งที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ต้นทุนในการดำเนินงานจัดตั้งสถานที่ที่ตั้ง การลดปริมาณการปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมและสภาวะความเสี่ยงภายใต้การดำเนินกิจกรรมให้ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละด้านน้อยสุด

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

จากผลงานวิจัย มัณฑนา กระโหมวงศ์ (2559) ที่ได้ข้อสรุปปัญหากิจกรรมโลจิสติกส์ของพื้นที่ที่ศึกษากลุ่มสมาชิกเกษตรกรปลูกปาล์มทั้ง 3 จังหวัด ซึ่งส่วนใหญ่กลุ่มเกษตรกรในจังหวัดนราธิวาสพบว่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกิจกรรมนี้เป็นอันดับต้น ๆ เพราะ มีอัตราผลผลิตและใช้พื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยนี้จะขอศึกษาและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับขั้นการตัดสินใจ ในเฉพาะจังหวัดนราธิวาส และมีข้อตกลงเบื้องต้น ดังต่อไปนี้

1.5.1 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรเป็นค่าคงที่

1.5.2 พื้นที่ลานเทที่เปิดในตำบลใด ๆ จะมีใช้บุคคลเดียวกันกับเกษตรกรในพื้นที่นั้น ๆ

1.5.3 ยานพาหนะที่เกษตรกรและพื้นที่ลานเทใช้จะเป็นได้เพียงหนึ่งชนิดเท่านั้น ซึ่งมี 3 ขนาดดังต่อไปนี้ (1) รถยนต์กระบะ สามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 3,000 กิโลกรัม (2) รถบรรทุก 6 ล้อ สามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 10,000 กิโลกรัม และ (3) รถบรรทุก 10 ล้อ บรรทุกได้ไม่เกิน 25,000 กิโลกรัม

1.5.4 เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมันในแต่ละพื้นที่มีจำนวนมาก จึงกำหนดให้ผลผลิตรวมในหนึ่งตำบลแทนเกษตรกรหนึ่งราย ดังนั้น ตำบลในจังหวัดนราธิวาส มี 77 ตำบล ให้แทนจำนวนเกษตรกร 77 ราย

1.5.5 เกษตรกรจะต้องนำส่งผลผลิตไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดเท่านั้นและชนิดยานพาหนะของเกษตรกรจะถูกกำหนดให้มีความเหมาะสมกับปริมาณผลผลิตที่สามารถผลิตได้ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาจากต้นทุนที่ต่ำสุดของการขนส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน และจะพิจารณาเฉพาะต้นทุนการขนส่งเท่านั้น

1.5.6 การส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในแต่ละราย จะต้องส่งผลผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่ได้รับการเปิดเท่านั้นและไม่สามารถแบ่งส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันไปยังลานเทอื่นได้ และลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดทำหน้าที่รวบรวมผลผลิตปาล์มน้ำมันจากเกษตรกรจะต้องนำผลผลิตทั้งหมดไปส่งยังโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันได้เพียงแห่งเดียวเท่านั้น ไม่สามารถแบ่งส่งไปยังโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันรายอื่นได้

1.5.7 ทุก ๆ ลานเทที่ได้รับการเปิดเพื่อทำหน้าที่รวบรวมผลผลิตปาล์มน้ำมันจากเกษตรกรจะถูกกำหนดให้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ

1.5.8 กิจกรรมการจัดการโลจิสติกส์ของปาล์มน้ำมันจะสิ้นสุดที่โรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน โดยกำหนดพื้นที่ที่ตั้งโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน 2 ที่ตั้ง ประกอบไปด้วย สหกรณ์นิคมบาเจาะ จำกัด มีกำลังการผลิต 45 ตันหลายต่อชั่วโมง หรือ 360 ตันต่อวัน (8 ชั่วโมงทำงาน) และโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มฟาร์มตัวอย่างบ้านไอร์บือแต ตำบลช้างเผือก มีกำลังการผลิต 25 ตันหลายต่อชั่วโมง หรือ 200 ตันต่อวัน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีความรู้และเข้าใจรูปแบบการแก้ปัญหาในกิจกรรมโลจิสติกส์ของปาล์มน้ำมันสู่การพัฒนาแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับขึ้นในการตัดสินใจอีกหนึ่งรูปแบบ

1.6.2 สามารถนำหลักการพื้นฐานในกรอบงานวิจัยที่ศึกษารูปแบบปัญหาไปวางแผนการลงทุนเพื่อรองรับการเติบโตและการขยายพื้นที่เพาะปลูกในอนาคต

1.6.3 ได้ประยุกต์ใช้วิธีเมตาฮิวริสติกในการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับขึ้นต่อการพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการลงทุนในการดำเนินกิจกรรมความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยของพื้นที่การศึกษาที่มีสถานการณ์ความไม่สงบของพื้นที่

1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

ตารางที่ 1.1 คำศัพท์เฉพาะและความหมาย

ลำดับ	คำศัพท์เฉพาะ	ความหมาย
1	Logistical management	การจัดการด้านโลจิสติกส์
2	Alternative energy	พลังงานทางเลือก
3	Renewable energy crops	พืชพลังงานทดแทน
4	Location-allocation problem: LAP	ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและ การจัดสรรงาน
5	Mathematical models	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์
6	Optimization	การหาค่าที่เหมาะสม
7	Differential evolution algorithm: DE	อัลกอริทึมด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ ผลต่าง

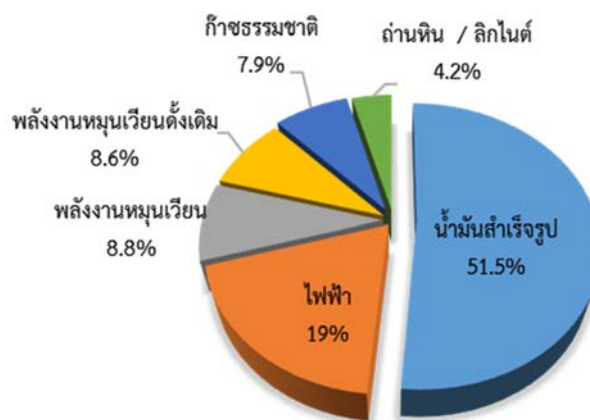
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (location allocation problem: LAP) ในภาพรวมที่มีความแตกต่างกันไปจะชี้ให้เห็นถึงความโดดเด่นของวิธีการแก้ปัญหาตามสถานการณ์และเชิงพื้นที่ที่ให้ผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาที่ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการหาคำตอบ และการแก้ปัญหา LAP ในแต่ละทศวรรษจะมีการพัฒนารูปแบบเพื่อให้ผลงานที่ออกมานั้นมีความสอดคล้องกับปัญหาจริงที่ต้องเผชิญและครอบคลุมสถานการณ์ของปัญหา และปัจจัยที่มีผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมที่ไม่ใช่แค่เพียงการสร้างคามพึงพอใจต่อผลประโยชน์ที่จะได้รับต่อการลงทุนเท่านั้น แต่ยังต้องให้ความสำคัญต่อองค์ประกอบในแต่ละด้านด้วย ดังนั้นการสร้างคามเข้าใจในปัญหา LAP แนวคิดในการสร้างแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะเป็นรากฐานที่สำคัญในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

2.1 สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย

จากสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยในเดือนมกราคม ปี 2559 ยังคงเพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ พลังงานที่ใช้มากที่สุดจะเป็นน้ำมันสำเร็จรูป อยู่ที่ร้อยละ 51.5 ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในประเทศ โดยรองลงมาจะเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ก๊าซธรรมชาติ และท้ายสุดจะเป็นถ่านหินลิกไนต์ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ซึ่งหากจะย้อนดูสัดส่วนการนำเข้า



ภาพที่ 2.1 สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศไทยในเดือนมกราคม 2559

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน (2559)

น้ำมันดิบนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันดิบที่เรานำเข้าอยู่ใน 10 อันดับต้น ๆ ของการนำเข้าสินค้า ถึงแม้ว่าจะมีการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปก็ยังชี้ให้เห็นถึง

ความแตกต่างของมูลค่าการซื้อขายอยู่มาก การใช้น้ำมันภายในประเทศยังมีแนวโน้มสูงขึ้นอีกและน้ำมันที่ได้จากฟอสซิลก็เป็นตัวการที่สำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยตรง การมองหามาตรการเพื่อปรับเปลี่ยนพลังงานและการลดภาวะโลกร้อน จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมวลมนุษยชาติที่ต้องตระหนักและให้ความสำคัญ

ตารางที่ 2.1 สถิติการนำเข้าน้ำมันดิบและการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปของประเทศไทย
ปี 2542 – 2559 (หน่วย: ล้านบาท)

ปี	การนำเข้า น้ำมันดิบ	การส่งออกน้ำมัน สำเร็จรูป	มูลค่าผลต่าง การนำเข้าน้ำมันดิบ	อันดับ การนำเข้า น้ำมันดิบ
2559 (2016)	537,513.8	194,989.7	342,524.1	3
2558 (2015)	663,211.7	271,424.6	391,787.1	2
2557 (2014)	1,079,590.3	363,258.4	716,331.9	1
2556 (2013)	1,203,801.3	386,002.8	817,798.5	1
2555 (2012)	1,120,452.8	397,858.7	722,594.1	1
2554 (2011)	1,004,478.0	303,794.8	700,683.2	1
2553 (2010)	778,746.1	245,996.2	532,749.9	1
2552 (2009)	654,851.3	214,175.9	440,675.4	1
2551 (2008)	995,964.7	295,798.0	700,166.7	1
2550 (2007)	699,174.0	167,082.3	532,091.7	1
2549 (2006)	772,054.5	138,785.6	633,268.9	1
2548 (2005)	684,952.2	-	-	1
2547 (2004)	426,569.8	-	-	1
2546 (2003)	298,716.8	-	-	2
2545 (2002)	248,661.0	-	-	3
2544 (2001)	253,321.3	-	-	3
2543 (2000)	246,034.8	-	-	2
2542 (1999)	148,120.1	-	-	4

ที่มา: การค้าไทย (2560: เว็บไซต์)

การหาพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งประเทศไทยได้ให้ความสนใจและส่งเสริมพลังงานทดแทนในภาคขนส่งอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน นั่นคือ แก๊สโซฮอล์ที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำมันเบนซินกับเอทานอล และไบโอดีเซลแบบผสมที่ได้จากน้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันปาล์มในสัดส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ปัจจุบัน ซึ่งพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงนี้ เป็นไปตามแผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงาน

ทางเลือก 25% ในระหว่างปี 2555–2564 ของกระทรวงพลังงาน และภาคการขนส่งในประเทศจะมี อัตราส่วนการใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นส่วนใหญ่ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การใช้น้ำมันภาคขนส่งทางบก ปี 2557 – 2559 (หน่วย: ktoe)

	2557	2558	2559	สัดส่วน(%)	การเปลี่ยนแปลง (%)		
					2557	2558	2559
เบนซิน	6,338	7,177	7,904	30.44	Δ3.80	Δ13.24	Δ10.13
ดีเซล	12,891	13,398	13,850	53.34	Δ1.68	Δ3.93	Δ3.38
LPG	2,304	2,020	1,711	6.59	Δ11.24	∇-12.29	∇-15.30
NGV	2,839	2,725	2,285	9.63	Δ37.24	∇-4.01	∇-8.26
รวม	24,471	25,319	25,965	100.00	Δ6.32	Δ3.89	Δ2.55

หมายเหตุ: ktoe หมายถึง พันตันน้ำมันดิบ

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (2559)

2.2 การส่งเสริมการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทน

พืชพลังงานทดแทนเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีบทบาทความสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของพลังงาน ดังนั้นพืชพลังงานทดแทนไม่ใช่จะเป็นแค่สร้างพลังงานที่สะอาดเท่านั้น แต่ยังสามารถสร้างความมั่นคง และส่งเสริมมูลค่าทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ จากการนำเสนอในบางส่วนของงานวิจัย Bargos, F. F. and et al. (2016) ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของประเทศบราซิล ที่สามารถปลูกอ้อยเพื่อผลิตน้ำมันเอทานอลเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก จากข้อมูลฤดูกาลเพาะปลูก 2012/2013 ผลผลิตอ้อยอยู่ที่ 367,450 ตัน ซึ่งพืชพลังงานทดแทนยังมีอีกหลายชนิด แต่การเลือกปลูกพืชพลังงานทดแทน จะต้องให้มีความเหมาะสมต่อที่ตั้งภูมิศาสตร์ของแต่ละประเทศ

ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวที่สามารถเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนได้หลายชนิด ที่นำมาใช้ผลิตพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อขับเคลื่อนภาคขนส่งทางบก พืชพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจในการแก้วิกฤตน้ำแพงที่มีแนวโน้มจะมีมูลค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยการพัฒนาและส่งเสริมการใช้น้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสมในน้ำมันดีเซล กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดเขตพื้นที่ที่เหมาะสมปลูกปาล์มน้ำมัน โดยใช้ภาคใต้และภาคตะวันออกเป็นฐานการปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งได้ดำเนินงานตั้งแต่ปี 2551 เป็นต้นมา นอกจากนั้นกระทรวงเกษตรฯ ยังได้ให้การส่งเสริมพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมัน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของไทยเป็นพิเศษ เพื่อลดปัญหาการเหลื่อมล้ำทางสังคมและปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ ภายใต้แผนยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ในด้านการสร้างงาน สร้างรายได้ที่มั่นคงยั่งยืน

จากข้อมูลสถิติการส่งเสริมพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันใน 3 ชายแดนใต้ ซึ่งประกอบไปด้วย จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส ดังตารางที่ 2.3 จังหวัดนราธิวาสจะมีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มที่มากที่สุด ซึ่งผลผลิตต่อไร่ที่ได้อาจจะน้อยกว่าจังหวัดปัตตานี แต่ถ้าได้รับความช่วยเหลือด้านการเกษตร อาจจะทำให้ผลผลิตมีปริมาณเพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้ที่ 2.5 – 3 ตัน/ไร่/ปี

ซึ่งผลผลิตที่ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ ก็จะส่งผลดีต่อเกษตรกรในพื้นที่และผลประโยชน์ที่ตามมาอีกมากมาย แต่สิ่งที่สำคัญนั่นก็คือถ้าผลผลิตที่มีมากขึ้น การเพิ่มโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันก็มีส่วนสำคัญไม่น้อยเพื่อเตรียมความพร้อมต่อการผลิตปาล์มน้ำมัน เมื่อเกินขีดความสามารถการผลิตของโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันเดิม

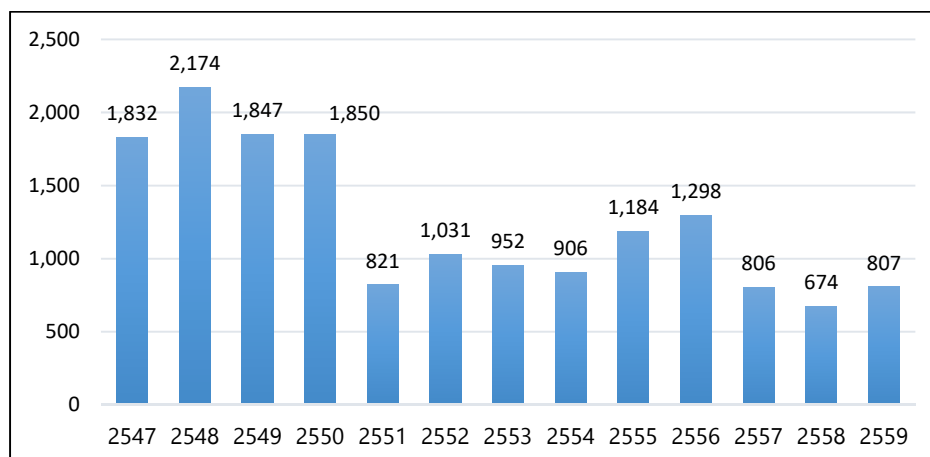
ตารางที่ 2.3 เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้

ปี	ปัตตานี			ยะลา			นราธิวาส		
	เนื้อที่ ยืนต้น (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิต ต่อไร่ (กิโลกรัม)	เนื้อที่ ยืนต้น (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิต ต่อไร่ (กิโลกรัม)	เนื้อที่ ยืนต้น (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิต ต่อไร่ (กิโลกรัม)
2551	12,985	596	1,419	7,031	1,890	2,002	39,275	47,828	2,454
2552	16,721	9,526	1,027	11,778	6,824	1,256	41,652	59,738	1,841
2553	18,865	10,573	1,030	11,963	7,191	1,158	42,786	69,716	2,132
2554	8,176	10,936	1,701	8,313	4,914	1,318	34,400	41,777	2,192
2555	16,590	16,613	2,384	7,066	3,226	1,740	46,983	44,582	1,840
2556	15,807	18,655	2,510	7,389	4,682	1,550	45,237	48,999	2,022
2557	19,317	27,336	2,193	7,043	6,296	1,509	51,286	56,199	1,909
2558	19,703	25,099	1,913	7,178	8,220	1,202	57,884	62,050	1,746
2559	20,167	25,593	1,419	7,490	7,529	1,069	60,351	68,190	1,358

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560)

2.3 สถานการณ์ความไม่สงบในสามจังหวัดชายแดนใต้

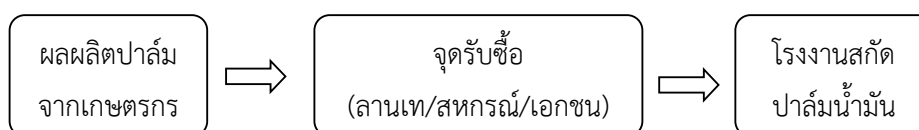
จากสถานการณ์ความไม่สงบและผลการรายงานของ ศรีสมภพ จิตรภิมย์ศรี และคณะ (2559) ในสามจังหวัดชายแดนใต้ในช่วง 13 ปี นับตั้งแต่ปี 2547-2559 มีเหตุการณ์ทั้งสิ้น 16,181 เหตุการณ์ โดยมีผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 6,847 ราย ซึ่งประเภทของเหตุการณ์ความไม่สงบในปี 2558 ส่วนใหญ่จะเป็นการยิง จำนวน 299 เหตุการณ์ การก่อเหตุด้วยระเบิดมาเป็นลำดับสอง จำนวน 224 เหตุการณ์ ตามด้วยการก่อวินาศกรรมสร้างสถานการณ์จำนวน 59 เหตุการณ์ ประเภทเหตุการณ์อื่น ๆ จำนวน 41 เหตุการณ์ จังหวัดนราธิวาสจะเป็นพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ความไม่สงบมากที่สุดและรองลงมาจะเป็นจังหวัดปัตตานี และจังหวัดยะลา ตามลำดับ ซึ่งมีผลต่อการลงทุนในพื้นที่เนื่องจากไม่มีความปลอดภัยเป็นปัจจัยหลักสำคัญที่ทำให้สามจังหวัดชายแดนใต้ไม่ขยายตัวต่อเนื่องมาหลายปี นักลงทุนนอกพื้นที่ไม่กล้าเข้าไปลงทุน ขณะที่อุตสาหกรรมที่มีอยู่เดิมก็ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ทั้งยางพารา ปาล์ม น้ำมัน อาหารทะเลแปรรูป และอาหารฮาลาล แต่เมื่อรัฐบาลให้การสนับสนุนส่งเสริมการปลูก ปาล์ม น้ำมันนับตั้งแต่ปี 2551 ทำให้ลดเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดสามชายแดนใต้ ซึ่งก็อาจจะมีส่วนสำคัญต่อการกำหนดนโยบายครั้งนี้ ทำให้เหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ลดลง ดังภาพที่ 2.2 โดยเริ่มตั้งแต่ มกราคม 2547 – ธันวาคม 2559



ภาพที่ 2.2 จำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ในรอบ 13 ปี
ที่มา: ศรีสมภาพ จิตรภิรมย์ศรี และคณะ (2559)

2.4 กิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ประเทศไทยให้ความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตและเป็นพืชพลังงานทดแทน เพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซลและผลิตไฟฟ้าในโรงงานไฟฟ้าบางแห่ง กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ของปาล์มน้ำมันจะเริ่มจากการขนส่งจากสวนเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ไปยังผู้รับซื้อรายย่อย (ลานเท/สหกรณ์/บริษัทเอกชน) ทำหน้าที่รวบรวมผลผลิตก่อนที่จะถูกลำเลียงส่งต่อไปยังโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันเพื่อสกัดน้ำมันจากผลปาล์มและทำการส่งต่อไปยังโรงงานกลั่นปาล์มบริสุทธิ์หรือกลุ่มลูกค้าไปพัฒนาคุณภาพสินค้าต่อไป การขนส่งผลผลิตของเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้รถกระบะเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายส่งต่อไปยังผู้รับซื้อรายย่อย หรือเกษตรกรบางรายอาจส่งตรงถึงโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน หลังจากนั้นผู้รับซื้อจะต้องนำส่งต่อไปยังโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันอีกครั้งหนึ่ง แต่ต้องไม่เกิน 48 ชั่วโมง เนื่องจากหากเก็บไว้นานผลของปาล์มน้ำมันจะเกิดการดัดไขมันอิสระส่งผลถึงคุณภาพน้ำมันปาล์มและราคาปาล์มน้ำมันลดลง การเลือกใช้ชนิดของรถบรรทุกจะพิจารณาจากปริมาณผลผลิต ระยะทางและความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งต้นทุนที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามการเลือกชนิดของรถขนส่งปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมกับปริมาณผลผลิตปาล์มที่มีอยู่หรือความเหมาะสมกับระยะทางในการขนส่งก็มีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการขนส่งที่เกิดขึ้นได้ในแต่ละครั้งได้ (นงครัตน์ แสนสมพร, 2554) รถบรรทุกที่ใช้จะเป็น รถกระบะ รถหกล้อและรถสิบล้อ ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จะนิยมขนส่งให้กับลานเทมากที่สุด รองลงมาเป็นโรงงานและสหกรณ์ตามลำดับ

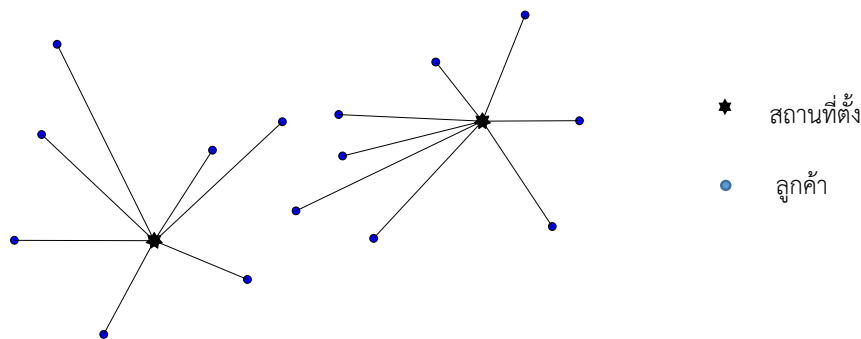


ภาพที่ 2.3 กิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมัน

2.5 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม

การเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมด้านการขนส่งและระบบโลจิสติกส์ เป็นหนึ่งในห่วงโซ่อุปทานที่เพิ่มมูลค่าของการใช้ประโยชน์ของเวลาและสถานที่ช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดระยะเวลาในการขนส่ง ลดปัญหาต่าง ๆ ทุกอย่างที่เกิดขึ้น โดยใช้ต้นทุนน้อยที่สุด ผู้ดำเนินการตัดสินใจจะต้องมีความเข้าใจในบริบทและพื้นที่ปัญหาให้มากที่สุด การเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมอาจจะเป็นการตั้งแบบถาวร หรือเป็นแบบชั่วคราวแต่การตัดสินใจทุก ๆ ครั้ง จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์สูงสุด ปัญหาที่สำคัญประการแรก สถานที่ตั้งจะต้องมีความเหมาะสมภายใต้ข้อประกอบต่าง ๆ ที่มีผลสะท้อนให้เห็นในด้านงบประมาณ การลงทุน และความต่อเนื่องของการผลิต ต่อจากนั้นอาจจะมีการเพิ่มเติมหัวข้อที่สำคัญต่อสถานการณ์เชิงพื้นที่ ดังเช่นการให้ความสำคัญต่อสภาวะแวดล้อมภายใต้การดำเนินกิจกรรม หรืออาจจะต้องพิจารณาในสถานการณ์และวัฒนธรรม วิถีชุมชนของพื้นที่เพิ่มเติม เพื่อเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจในปัญหา FLP (Facility Location Problem: FLP) ไปพร้อม ๆ กับทั้งหมด

จากผลงานวิจัยของ Weber (1909) ผู้ที่นำเสนอทฤษฎีการหาสถานที่ตั้งและวิธีการแก้ปัญหาการหาสถานที่ตั้งของคลังสินค้าหนึ่งแห่งโดยให้มีผลรวมระยะทางระหว่างลูกค้าและคลังสินค้าต่ำสุด นอกจากนี้ยังได้มีผลงานของ Mirchandani and Francis (1990) เขียนทฤษฎีการหาสถานที่ตั้งที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete location theory) ต่อจากนั้นในปี 1995 Drezner (1995) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้โมเดลที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมของการหาสถานที่ตั้ง ในปี 2002 Drezner and Hamacher (2002) ได้ตีพิมพ์เกี่ยวกับทฤษฎีและการใช้ของการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 รูปแบบการเลือกตำแหน่งสถานที่ตั้งที่เหมาะสม

Balinski (1965) ได้ทำการออกแบบตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็น classical Location problem รูปแบบที่ใช้ในการออกแบบจะเป็นกำหนดสถานที่ตั้งของลูกค้าที่รับทราบใน demand และการกำหนดเพื่อทำการคัดเลือกของสถานที่ตั้งที่เหมาะสม มีต้นทุนการส่งสินค้าระหว่างสถานที่ตั้งที่ได้รับการคัดเลือกและตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าในแต่ละรายที่มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ดังสมการต่อไปนี้

ตัวแบบการป้อนเข้า (Model inputs)

- I กำหนดให้เป็นสถานที่ตั้งของลูกค้า i
 J กำหนดให้เป็นสถานที่ตั้งเหมาะสมของผู้ที่จะได้รับการคัดเลือกที่ j
 h_i ปริมาณความต้องการ ณ สถานที่ตั้งของลูกค้า ซึ่ง $i \in I$
 f_i เป็นต้นทุนคงที่ของสถานที่ตั้งที่เหมาะสม ณ สถานที่ตั้งที่ได้รับการคัดเลือก ซึ่ง $j \in J$
 c_{ij} หน่วยต้นทุนในการส่งสินค้าระหว่างสถานที่ตั้งที่เหมาะสมที่ได้รับการคัดเลือก $j \in J$ และตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า $i \in I$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

- x_j = 1 ถ้าสถานที่ตั้งได้รับการคัดเลือก $j \in J$ หรือ 0 ในกรณีอื่น ๆ
 Y_{ij} ในส่วนของ demand ณ สถานที่ตั้งของลูกค้า $i \in I$ ได้รับการบริการโดยสถานที่ตั้งที่เหมาะสม $j \in J$

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } \sum_{j \in J} f_j x_j + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i c_{ij} Y_{ij} \quad (2.1)$$

ข้อจำกัด (Subject to)

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

$$Y_{ij} - x_j \leq 0 \quad j \in J ; j \in J \quad (2.3)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad j \in J \quad (2.4)$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad j \in J ; j \in J \quad (2.5)$$

สมการเป้าหมาย (2.1) แสดงถึงต้นทุนรวมน้อยที่สุด (สถานที่ตั้งที่เหมาะสมและค่าส่งสินค้า) ในตำแหน่งที่ตั้งขึ้นและการดำเนินงานของโครงข่าย สมการที่ (2.2) เป็นการกำหนดปริมาณความต้องการแต่ละ node ที่จะได้รับการมอบหมายอย่างเต็มที่ สมการที่ (2.3) แสดงสถานะปริมาณความต้องการของ node จะไม่เกินที่ได้รับการมอบหมาย เว้นแต่ว่าสถานที่ตั้งนั้นได้ทำการเปิด สมการที่ (2.4) เป็นข้อบังคับให้แต่ละสถานที่ตั้งที่ได้รับการคัดเลือกเปิดหรือปิด และสมการที่ (2.5) แสดงถึงสมการจะไม่ติดลบ

และในปี 2005 Daskin and et al. (2005) ได้เพิ่มเติมสมการตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ให้ความสำคัญต่อข้อจำกัดความสามารถต่อการมอบหมายปริมาณความต้องการแก่สถานที่ตั้งที่รับได้สูงสุด โดยกำหนดให้ b_j เป็นปริมาณความต้องการสูงสุดที่จะได้รับการมอบหมายต่อสถานที่ตั้งที่ได้ candidate site ซึ่ง $j \in J$ ดังสมการที่ (2.6)

$$\sum_{i \in I} h_i Y_{ij} - b_j x_j \leq 0 \quad j \in J \quad (2.6)$$

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะค่อย ๆ ทำการปรับรูปแบบปัญหาตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป ด้วยการเพิ่มความสำคัญในส่วนข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ในปริมาณจัดส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ไปยังลูกค้าของสถานที่ตั้งที่เหมาะสมแบบคงที่ ในการดำเนินการเพื่อหาคำตอบซึ่งในบางผลงานที่มีความสนใจในกลุ่มปัญหา uncapacitated facility location problem ด้วยการนำเสนอวิธี Greedy algorithm ของ Guha, S. and Khuller, S. (1999); Xu, G. and Xu, J. (2005) ต่อจากนั้นในปี 2009 Xu, G. และ Xu, J. ได้ใช้ Local search heuristic เพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบได้ดีขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงคำตอบที่ตีมากขึ้น

ในกลุ่มผลงานที่ให้ความสำคัญต่อขีดความสามารถใน demand และการบริการ ซึ่งเป็นกลุ่มปัญหา capacitated facility location problem (CFLP) โดยการนำเสนอของ Melkote, S. and Daskin, M. S. (2001) ซึ่งจะเป็นการประยุกต์ใช้ในการวางแผนเกี่ยวกับการกระจายสินค้า การสื่อสารโทรคมนาคม การจัดการด้านพลังงาน ด้วยโปรแกรม mixed integer programming ได้ให้ข้อสังเกตว่าหนึ่งในสามของปัญหาที่ทำการทดลองในการแก้ปัญหาได้เหมาะสมที่สุดภายใน 5 นาที ผลลัพธ์คำตอบใน 5% ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของปัญหา จากการเปรียบเทียบในโมเดล uncapacitated เมื่อมีการกำหนดข้อจำกัดความสามารถ จะเห็นได้ว่า (1) การเชื่อมต่อต้นทุนและต้นทุนการขนส่งอาจจะลดลงซึ่งมันตรงกันข้ามกับสิ่งที่คาดการณ์ไว้ (2) ความหนาแน่นของเครือข่ายและมีค่าใช้จ่ายมากขึ้นตามที่คาดการณ์ไว้ แต่เพียงแค่การใช้ความสามารถสูงสุดที่รับได้ ยอมให้มีมูลค่าน้อยสุด (3) ในองค์ประกอบทั้งสามในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (การเชื่อมต่อต้นทุน ต้นทุนสถานที่และ ต้นทุนการขนส่ง) มีความไวมากขึ้นในระดับต้นทุนความสามารถสูงสุดที่รับได้สูงขึ้น เป็นการแสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์ความไวในเชิงลึกในพฤติกรรมของโมเดลในผลลัพธ์คำตอบต่อการเปลี่ยนแปลงในพารามิเตอร์ของปัญหาที่มีความสำคัญ และการนำเสนอของ Amiri, A. (2006) ได้ออกแบบการกระจายเครือข่ายในระบบห่วงโซ่อุปทานในสมการและวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ด้วยการเลือกจำนวนที่มีความเหมาะสมของสถานที่ตั้งและความสามารถสูงสุดของโรงงานและคลังสินค้าที่สนองต่อ demand ของลูกค้าที่ให้ความพึงพอใจในต้นทุนรวมน้อยสุดของการกระจายเครือข่ายด้วยวิธีการฮิวริสติกในประสิทธิภาพการหาคำตอบ และผลงาน Rahmani, A. and MirHassani, S. A. (2014) ที่ไม่นานมานี้ก็ได้มีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา CFLP ด้วยการใช้วิธีรูปแบบผสมผสานของ Firefly – Genetic Algorithm ในการสร้างประชากรเพื่อช่วยในการเข้าถึงผลลัพธ์ซึ่งประกอบด้วยสถานที่ตั้ง 2000 แห่ง และลูกค้า 2000 ราย

จากหลายผลงานที่นำเสนอและยกตัวอย่างวิธีการพัฒนาการแก้ปัญหา FLP ในแต่ละด้านจะมีการขยายขอบเขตปัญหาให้มีความเสมือนจริงกับปัญหาที่ต้องเผชิญอยู่ โดยเฉพาะเมื่อมีเพิ่มข้อกำหนดในเรื่องอื่น ๆ ก็ยังเป็นการพิสูจน์ในศักยภาพการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพคำตอบที่ได้ออกมา ซึ่งรูปแบบปัญหา FLP จะให้ความสำคัญต่อต้นทุนการเปิดในตำแหน่งที่ตั้งและต้นทุนในการเชื่อมต่อ โดยที่ลูกค้าแต่ละรายจะได้รับมอบหมายเพียงหนึ่งสถานที่ตั้ง และสถานที่ตั้งนั้นจะต้องได้รับการเปิด

2.6 ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน

ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (location allocation problem: LAP) เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ตั้งให้มีการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ในด้านการบริการ demand ของลูกค้าแต่ละรายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของกิจกรรมมีต้นทุนการขนส่งน้อยที่สุดหรือให้เกิดความพึงพอใจมากที่สุดในการสร้างตำแหน่งสถานที่ตั้งที่เหมาะสมในหนึ่งแห่งหรือมากกว่า ดังเช่น กิจกรรมโลจิสติกส์ ปาล์มน้ำมัน ที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.3 ก็เป็นอีกหนึ่งรูปแบบปัญหา LAP ที่เกษตรกรแต่ละรายจะได้รับการจัดสรรให้ส่งสินค้าไปยังลานเทที่เปิดและลานเทที่เปิดจะทำหน้าที่ส่งต่อไปยังโรงงานสกัด ปาล์มน้ำมัน ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญและเป็นแนวคิดในปัญหา LAP ประกอบไปด้วย จำนวนของสถานที่ตั้งที่เหมาะสมที่ใช้และจำนวนของกลุ่มลูกค้า

ปัญหา LAP ได้ถูกนำเสนอโดย Cooper (1963) และปีต่อมา Hakimi (1964) ได้ใช้ค่าถ่วงน้ำหนักในระบบเครือข่ายที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญต่อการพิจารณาสถานที่ตั้งที่มีความเป็นไปได้ โดย Hakimi ได้พิสูจน์ให้เห็นตามผลงานที่นำเสนอ และ Badri (1999) ได้นำเสนอวิธี AHP ร่วมกับการตัดสินใจในการหา Location allocation ที่ต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ด้วย 2 สมการช่วยในการตัดสินใจการหาทำเลที่ตั้งใหม่ด้วยการใช้ค่าถ่วงน้ำหนักและต่อด้วยการดำเนินการ GP model ดังสมการต่อไปนี้

ตัวแปรและพารามิเตอร์ในโมเดล AHP-GP

Y_i	ตัวแปร ศูนย์ – หนึ่ง (1 ถ้าได้รับการเลือก, 0 หรืออย่างอื่น)
x_{ij}	การจัดสรรหน่วยจาก i ไป j
f_i	ต้นทุนคงที่ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง i
F	ต้นทุนคงที่ที่กำหนดเป้าหมายทั้งหมด
E_j	ผลรวมความต้องการผลิตภัณฑ์โดยศูนย์กลางกระจายสินค้า j
q_i	คุณภาพชีวิตในตำแหน่งที่ตั้ง i
Q	เป้าหมายรวมทั้งหมดของคุณภาพชีวิต
c_{ij}	หน่วยต้นทุนการขนส่งจาก i ไป j
B	เป้าหมายต้นทุนรวม
R	เป้าหมายต้นทุนขนส่ง
L	จำนวนของทำเลที่ตั้งที่เปิด (การขยายความต้องการ)
T_i	ข้อจำกัดคุณภาพอากาศของประเทศ i
d_{ej}^-, d_{ej}^+	ค่าเบี่ยงเบนลบและบวกในความต้องการผลิตภัณฑ์ โดย j
d_q^-, d_q^+	ค่าเบี่ยงเบนลบและบวกในคุณภาพชีวิต
d_{fc}^-, d_{fc}^+	ค่าเบี่ยงเบนลบและบวกของต้นทุนรวม
d_t^-, d_t^+	ค่าเบี่ยงเบนลบและบวกของต้นทุนการขนส่ง
d_{qi}^-, d_{qi}^+	ค่าเบี่ยงเบนลบและบวกในข้อจำกัดคุณภาพอากาศของประเทศ i
d_e^-, d_e^+	ค่าเบี่ยงเบนลบและบวกในอัตราการขยายความต้องการ

ในขั้นตอนการดำเนินงานตั้งค่าเวกเตอร์หรือการให้ค่าถ่วงน้ำหนัก

$$w_i^{location} = (w_1 + w_2 + \dots + w_m) \quad (2.7)$$

ให้ w_i เป็นการมอบหมายตั้งค่าในการเลือกออกจาก m บางจำนวนที่มีความเป็นไปได้ของทำเลที่ตั้ง

$$\sum_{i=1}^m w_i^{location} x_i + d_m^- - d_m^+ = 1 \quad (2.8)$$

เป็นสมการที่แสดงถึงการทำงาน AHP ร่วมกับโมเดล GP จะมีรูปแบบตัวแบบคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$MinZ = P_1 d_f^+ + P_2 \sum_{j=1}^n d_{ej}^- + P_3 d_q^- + P_4 d_{fc}^+ P_5 d_t^+ + P_6 \sum_{i=1}^m d_{qi}^+ + P_7 d_e^- + P_8 d_m^- \quad (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^m f_i Y_i + d_f^- - d_f^+ = F \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} + d_{ej}^- - d_{ej}^+ = E \quad \text{ให้ } j = 1, \dots, n \quad (2.11)$$

$$\sum_{i=1}^m q_i Y_i + d_q^- - d_q^+ = Q \quad (2.12)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + d_t^- - d_t^+ = R \quad (2.13)$$

$$\sum_{i=1}^m f_i Y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + d_{fc}^- + d_{fc}^+ = B \quad (2.14)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + d_{qi}^- - d_{qi}^+ = T_i \quad \text{ให้ } i = 1, \dots, m \quad (2.15)$$

$$\sum_{i=1}^m Y_i + d_e^- + d_e^+ = L \quad (2.16)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - MY_i \leq 0 \text{ and } x_{ij} \geq 0, Y_i \leq 1 \quad \text{ให้ } i = 1, \dots, m \quad (2.17)$$

สมการเป้าหมาย (2.9) แสดงถึงผลรวมความเบี่ยงเบนน้อยสุดในแต่ละสมการ เป็นผลลัพธ์ในการจัดลำดับความสำคัญจะติดอยู่ในแต่ละเป้าหมาย สมการที่ (2.10) เป็นข้อจำกัดของต้นทุนที่คงที่ สมการที่ (2.11) จะแสดงความต้องการสินค้าโดยศูนย์กลางกระจายสินค้า สมการที่ (2.12) จะบ่งบอกถึงคุณภาพชีวิต สมการที่ (2.13) เป็นต้นทุนของการขนส่ง สมการที่ (2.14) เป็นต้นทุนทั้งหมด สมการที่ (2.15) จะบอกถึงข้อจำกัดของประเทศว่าด้วยคุณภาพอากาศ สมการที่ (2.16) เป็นอัตราการขยายความต้องการและสุดท้ายจะเป็นเงื่อนไขในการจัดสรรที่จะดำเนินการได้เพียงทำเลที่ตั้งที่เปิดในสมการที่ (2.17)

ความต่อเนื่องในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา LAP สามารถจำแนกได้ตามประเภทดังต่อไปนี้

2.6.1 วิธีการแบบแม่นยำตรง (Exact approaches) เป็นการใช้เทคนิค Linear programming, integer programming และรูปแบบ multiobjective optimization เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในคำตอบที่ดีที่สุด แต่ถึงแม้ว่าเป็นปัญหามิติเล็ก การหาคำตอบแบบแม่นยำตรงก็จะมีข้อจำกัดด้านเวลาจากหนึ่งผลงานของ Fazel- Zarendi and et al. (2009) ได้นำเสนอการตัดสินใจในการกำหนดสถานที่ตั้งที่เหมาะสม การจัดสรรลูกค้าต่อสถานที่ตั้งที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดขีดความสามารถในการใช้และการจัดสรรลูกค้าต่อการใช้รถบรรทุกภายใต้เงื่อนไขระยะทางขนส่ง ด้วยใช้ Logic – base Benger’s decomposition เพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพการคำนวณของ integer programming model และการค้นหาด้วยวิธีหาญ (Tabu search) ซึ่งให้ผลลัพธ์ในคำตอบที่ดีกว่าการค้นหาแบบหาญ

2.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ ความโปร่งใส การเปลี่ยนแปลงและข้อมูลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญในการใช้ข้อมูล ข้อสรุปในการเสนอแนะ ตัวช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจ และเทคนิคต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหา LAP อย่างเช่นผลงานของ Hsieh and Tien (2004) ในการแก้ปัญหา uncapacitated location-allocation (LA) problem กับระยะทางที่เป็นเส้นตรงด้วยวิธีการสร้างแผนที่เข้ามาช่วยในการจัดการกับปัญหา วิธีการสร้างแผนที่จะเป็นไปตามรูปแบบ Kohonen self-organizing feature maps (SOFMs) เพื่อช่วยในการกรองโครงสร้างของวิธีการฮิวริสติก โดยการแยกโครงสร้างของข้อมูลที่ป้อนเข้าด้วยการจัดระเบียบตัวเองตามกฎการปรับตัว ประสิทธิภาพคำตอบที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี simulated annealing มีประสิทธิภาพในคุณภาพคำตอบและความเร็วในการประมวลผลที่ดีกว่า และเขายังได้แนะนำทั้งท้ายวิธี SOFMs ยังสามารถช่วยการสร้างคำตอบเริ่มต้นที่ดีได้ในวิธีฮิวริสติกอื่น ๆ หรืออัลกอริทึมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด และผลงานล่าสุดของ Comber, A. and et al. (2015) ได้นำเสนอการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของพลังงานชีวภาพด้วยวิธีการใช้อัลกอริทึมปรับเปลี่ยนการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมตามระบบ GIS ในการพิจารณากระจายการจัดหาทรัพยากรในเชิงพื้นที่

2.6.3 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการสร้างแบบจำลองในสถานการณ์ของระบบความจริงตลอดช่วงเวลาที่ให้ความสนใจ จะมีรูปแบบการทดลองที่มีการเปรียบเทียบวิธีการดำเนินงาน เพื่อให้มองเห็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต หรือเป็นไปตามข้อสมมติฐาน ผลงานวิจัยโดยส่วนใหญ่นิยมการใช้ข้อมูลและวิธีการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical methods) เข้ามาช่วยประเมินผลของความเป็นไปได้ในการหาคำตอบในสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมา อย่างเช่นผลงานของ Vidyarthi and Jayaswal (2014) ที่เป็นกลุ่มปัญหา LAP ได้แสดง

ประสิทธิภาพในวิธีแก้ปัญหาหาคำตอบในสถานการณ์ความต้องการแบบการสุ่ม (demand stochastic) และความแออัดในการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรตามความต้องการของลูกค้าจะต้องให้ต้นทุนรวมน้อยที่สุด ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนแบบคงที่ในการเปิดสถานที่ตั้งกับขีดความสามารถในการให้บริการที่เพียงพอ ค่าใช้จ่ายของผู้เดินทางไปยังสถานที่ตั้งและต้นทุนความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการเข้าคิวรอ ตามรูปแบบ M/G/1 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าจำนวนตัวอย่างการทดลองที่ผู้ใช่มากกว่า 400 ราย และสถานที่ตั้ง 25 แห่งมีความเป็นไปได้ และมี 5 ระดับขีดความสามารถกับค่าสัมประสิทธิ์ของเวลาที่เปลี่ยนแปลงในการให้บริการและต้นทุนเวลาเฉลี่ยความล่าช้าจากการรอคอยต่อลูกค้า การจำลองสถานการณ์ในหนึ่งเหตุการณ์ที่แสดงให้เห็นถึงการช่วยตัดสินใจต่อการลงทุนเพื่อให้เกิดความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องพลังงานและการเพิ่มขึ้นของผลผลิตด้านการเกษตรที่มีมากขึ้นจากการพัฒนาในพื้นที่เดิมของเกษตรกรแต่ให้ผลผลิตมากขึ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงกับหลาย ๆ ประเทศ

2.6.4 การวิเคราะห์การตัดสินใจหลายรูปแบบ (multicriteria decision analysis) เป็นการตัดสินใจในการหาตำแหน่งที่ตั้งของคำตอบที่เป็นทางเลือกด้วยการกำหนดกฎเกณฑ์คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าโดยผู้มีอำนาจการตัดสินใจหรือผู้เชี่ยวชาญ เทคนิคที่จะพบบ่อย ๆ ของการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในหลาย ๆ โครงการ จะใช้วิธี Analytic Hierarchy Process (AHP) และในปัญหา LAP ก็มีการนำเสนอการใช้วิธี AHP ร่วมในการแก้ปัญหา โดย Badri (1999) ได้รวมรูปแบบวิธี AHP ดำเนินการและเป้าหมายการเขียนโปรแกรมในการหาตำแหน่งที่ตั้งของการสถานที่ตั้งในปัญหา LAP และ Sultana and Kumar (2012) ได้มีการดำเนินการด้านธุรกิจด้วย GIS software ต่อการระบุตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของ biomass facilities ต่อจากนั้นทำการเลือก candidate locations ด้วยวิธี AHP เป็นการใช้ location algorithm โดยผลลัพธ์ที่ได้จะพิจารณาต้นทุนการขนส่งและการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของแต่ละแหล่งที่จะมีเพียงการมอบหมายในหนึ่งสถานที่ตั้งที่มีความเป็นไปได้ นอกจากการใช้เทคนิค AHP แล้วยังมีอีกหลาย ๆ เทคนิคที่มีส่วนรวมในการตัดสินใจ อย่างเช่น เทคนิค MCDA และเทคนิค ANP เป็นต้น การใช้เทคนิคต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการตัดสินใจจะช่วยยกระดับนาเชื่อถือต่อการวิเคราะห์การตัดสินใจได้ดีกว่าการมุ่งหาคำตอบเพียงอย่างเดียว

2.7 ปัญหาการทำทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่มีความเสี่ยง

การพิจารณาปัจจัยความเสี่ยงที่มีผลต่อการตัดสินใจในการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม มีต้นเหตุหรือสาเหตุที่มาของความเสี่ยง ที่มีโอกาสจะเกิดความผิดพลาด ความเสียหาย ความสูญเสีย หรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ หรือการกระทำใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน อย่างเช่น การเกิดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวที่จะต้องเร่งจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและสถานที่ตั้งศูนย์บรรเทาทุกข์ให้มีความเหมาะสมในทุก ๆ ด้าน ด้วยการนำเสนอของ Saeidian, B. and et al. (2016) หรือการเกิดเหตุการณ์ความไม่สงบของพื้นที่ในสามจังหวัดชายแดนใต้ของไทย กระบวนการที่ใช้ในการบริหารจัดการให้โอกาสที่จะเกิดความเสียหายลดลงหรือผลกระทบของความเสียหายจากเหตุการณ์ความเสียหายลดลงอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินไปด้วยการนำเสนอกรณีศึกษาของ ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว (2555) รูปแบบที่ใช้ประเมินความเสี่ยงนั้นจะประเมินจากโอกาสที่จะเกิดและผลกระทบตามขนาดความรุนแรงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยที่เกิดขึ้นที่อาจจะส่งผลกระทบต่อ

เส้นทางขนส่ง และในผลงานวิจัยของ นัทพงศ์ นันทสำเร้ง (2552) ที่ได้แยกให้เป็นหนึ่งวัตถุประสงค์ที่มีส่วนสำคัญในการดำเนินงานวิจัย และก็ยังมีการวิจัยหลายท่านได้หยิบเป็นประเด็นที่สำคัญต่องานวิจัย อย่างเช่นผลงานที่ผ่านมาในอดีต Marianov and Reville (1998) ได้สร้างแบบจำลองปัญหาการขนส่งของยานพาหนะแบบเส้นตรงที่ให้ความสำคัญในการลดต้นทุนและความเสี่ยงที่เกิดขึ้นไปพร้อม ๆ กัน Fernandez and et al. (2000) นำเสนอความต่อเนื่องในการระบุทำเลที่ตั้งในการกำหนดภูมิภาคของภูมิศาสตร์ของสถานที่เหมาะสมของสิ่งที่ไม่พึงประสงค์โดยจะให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม Cappanera and et al. (2004) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาทำเลที่ตั้งสถานที่สิ่งที่ไม่พึงประสงค์และเส้นทางขนส่งสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ประหว่างเขตของสถานที่ปลูกสร้างและสถานที่เหมาะสมไปพร้อม ๆ กัน ในส่วนของ Castillo (2004) ได้นำเสนอประเด็นความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการขนส่งวัตถุอันตรายและการสร้างแบบจำลองที่ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับปัญหาเส้นทางขนส่งของวัตถุอันตราย Berman and et al. (2007) ได้ขยายรูปแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบโครงข่ายการตอบสนองกรณีฉุกเฉินในการขนส่งวัตถุอันตรายที่สามารถใช้ได้ในพื้นที่ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และผลงานล่าสุดของ Gokbayrak and Kocaman (2017) นำเสนอข้อจำกัดของระยะทางในปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมกับการจัดสรรงานที่ต่อเนื่องกันสำหรับการวางแผนเชิงพื้นที่ของระบบ decentralized ที่ให้ความสำคัญในต้นทุนการเปิดสถานที่ที่เหมาะสมและครอบคลุมข้อจำกัดระยะทาง

การจัดการความเสี่ยงของเสียที่เป็นอันตรายในการขนส่ง Erkut and Verter (1998) ได้ให้ข้อเสนอแนะการประเมินแบบจำลองของความเสี่ยงในมูลค่าของกิจกรรมที่มีความเป็นไปได้การเกิดอุบัติเหตุของเสียที่เป็นอันตราย

ความเสี่ยง = ความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุของเสียที่เป็นอันตราย $\times$ มูลค่ากิจกรรมของการเกิดอุบัติเหตุ

โดยปกติผลที่ตามมาจากการเกิดอุบัติเหตุจะเป็นการวัดการเปิดเผยประชากรและความเป็นไปได้ของอุบัติเหตุกับประเภทของวัสดุและความแท้จริงของความซุลมุนวุ่นวาย จะประเมินค่าความเสียหายจากจุดศูนย์กลางและวงรัศมีของการเกิดอุบัติเหตุ สมการของความเสี่ยงจากความซุลมุนวุ่นวายจะมีดังต่อไปนี้

$$PR = PC + (1 - P)PC + (1 - P)^2PC + \dots + (1 - P)^{n-1}PC \quad (2.18)$$

กำหนดให้

P เป็นความเป็นไปได้ของการเกิดอุบัติเหตุ

C เป็นผลที่ตามมาของการเกิดอุบัติเหตุ

และจากสมการที่ 2.18 เราสามารถแก้ไขให้ง่ายขึ้นดังสมการที่ 2.19

$$PR = \sum_{j=1}^{n-1} (P_j C_j) \quad (2.19)$$

การประเมินความเสี่ยงในรูปแบบประเภทต่าง ๆ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในผลงานของ Erkut and Ingolfsson (2005)

Erkut and Alp (2007) ได้นำเสนอวิธีการ optimum tree network สำหรับการแก้ปัญหาที่ไม่ยินยอมให้ผ่านเส้นทางที่เปลี่ยนไป การพิจารณาในโครงข่ายจะมีความคล้ายคลึงกับ optimum communication spanning tree network (OCST) ด้วยวัตถุประสงค์ค่าถ่วงน้ำหนักรวมความยาวของเส้นทางระหว่างคู่ของ node ต้นไม้้น้อยสุด และตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหามีดังต่อไปนี้

ตัวแบบการป้อนเข้า (Model inputs)

N เป็นจำนวน node ภายใน N

A เป็น $\{(i, j), (j, i) : (i, j) \in E\}$

S_{uv} เป็นจำนวนการส่งสินค้าระหว่าง node u และ v ที่ซึ่ง $(u, v) \in C$

r_{ij} ความเสี่ยงต่อการส่งสินค้าในการเชื่อมต่อ $(i, j) \in A$

l_{ij} เป็นความยาวของการเชื่อมต่อของ $(i, j) \in A$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$x_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ามีความเหมาะสมของสถานที่ตั้ง } j \text{ หรือ} \\ 0 & \text{ในกรณีอื่น ๆ} \end{cases}$

$z_{ij}^{uv} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าบริเวณ } i \text{ เป็นสถานที่ที่เหมาะสม } j \text{ หรือ} \\ 0 & \text{ในกรณีอื่น ๆ} \end{cases}$

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min} \sum_{(i,j) \in A} \sum_{(u,v) \in C} S_{uv} r_{ij} z_{ij}^{uv} \quad (2.20)$$

ข้อจำกัด (Subject to)

$$\sum_{(i,j) \in A} z_{ij}^{uv} - \sum_{(j,i) \in A} z_{ji}^{uv} = \begin{cases} 1 & \forall i \in N, (u, v) \in C, i = u \\ 0 & \forall i \in N, (u, v) \in C, i \neq u, v \end{cases} \quad (2.21)$$

$$z_{ij}^{uv} + z_{ji}^{uv} \leq x_{ij} \quad \forall (i, j) \in E, (u, v) \in C \quad (2.22)$$

$$\sum_{(i,j)} x_{ij} = n - 1 \quad (2.23)$$

$$z_{ij}^{uv} \in \{0,1\} \forall i \in N, (u, v) \in C \quad (2.24)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \forall (i, j) \in E \quad (2.25)$$

สมการที่ (2.21) เป็นข้อจำกัดในการป้องกันความสูญเสียการไหลของแต่ละการส่งสินค้า ในสมการที่ (2.22) เป็นการรับประกันว่าการส่งสินค้าจะถูกเชื่อมและต้องเป็นส่วนหนึ่งของ the hazmet tree สมการที่ (2.23) จะเป็นประกันว่าในการสร้างโครงข่ายต้นไม้ สมการที่ (2.24) และ (2.25) เป็นตัวแปรตัดสินใจด้วยค่าไบนารี

จากสถานะความเสี่ยงในกรณีตัวอย่างที่แสดง จะชี้ให้เห็นความสำคัญของกระบวนการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นต่อความไม่แน่นอนของสถานการณ์ความไม่ปลอดภัยในการพิจารณาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการขนส่งสินค้า ที่สามารถประเมินเกณฑ์การพิจารณาตัดสินใจในพื้นที่ที่ต้องเข้าไปส่งเสริมเพื่อสร้างความเชื่อมั่นต่อการลงทุนและยกระดับสวัสดิการของชุมชน

2.8 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่มีหลายวัตถุประสงค์หลายระดับชั้น

ความหลากหลายในสถานการณ์ที่เป็นจริง การใช้หนึ่งวัตถุประสงค์คงไม่เพียงพอต่อการตอบ โจทย์ปัญหาที่แท้จริงได้ แต่การเพิ่มวัตถุประสงค์ที่มีหลายข้อจะแสดงให้เห็นความสำคัญในแต่ละด้านที่ เกี่ยวข้องกับข้อกับปัญหาที่ต้องเผชิญ โดยกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจที่มีหลายวัตถุประสงค์ได้ถูก นำเสนอโดย Farahani and et al. (2010) ซึ่งประกอบด้วย

- 2.8.1 ต้นทุน (Cost)
- 2.8.2 คุณค่าและผลประโยชน์ (Value and Benefits)
- 2.8.3 ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental risks)
- 2.8.4 การเข้าถึงทรัพยากรและการใช้ประโยชน์ (Resource accessibility and utilization)
- 2.8.5 การเข้าถึงสถานที่สาธารณะ (Public facility accessibility)
- 2.8.6 ด้านการเมืองและกฎระเบียบ (Political matter and regulations)
- 2.8.7 การแข่งขัน (Competition)
- 2.8.8 ด้านเศรษฐกิจ (Economical) นอกเหนือจากต้นทุนและผลประโยชน์
- 2.8.9 ประชากร (Population)
- 2.8.10 ชีตความสามารถ (Capacity)
- 2.8.11 ระยะทาง (Distance)
- 2.8.12 ความเหมาะสม (Suitability)

อย่างเช่นผลงานของ Alumur and Kara (2007) ที่ Farahani and et al. (2010) ได้กล่าวถึง รูปแบบการแก้ปัญหาในการสร้างโมเดลใหม่ในปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งและสถานที่ตั้งวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย การนำเสนอจะเป็น multiobjective mixed integer programming model ด้วย สองวัตถุประสงค์ คือ ต้นทุนรวมน้อยที่สุดและความเสี่ยงด้านการขนส่งน้อยที่สุด ในประเด็นที่ต้อง นำเข้าสู่การพิจารณาถึง สถานที่ที่จะเปิดศูนย์กลางการบำบัดและเทคโนโลยี สถานที่ที่จะเปิด ศูนย์กลางกำจัด วิธีการกำหนดเส้นทางเพื่อหลีกเลี่ยงวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายที่มีความแตกต่างกันไป ยังเทคโนโลยีในการบำบัดที่ทำงานร่วมกันได้ และวิธีการกำหนดเส้นทางวัตถุของเสียที่ไม่ได้ใช้ไปยัง ศูนย์กลางกำจัด มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

- N เป็นโครงข่ายการขนส่ง (V, A)
- G เป็น generation nodes $\{1, \dots, g\}$

T	เป็น nodes ในการบำบัดที่มีศักยภาพ $\{1, \dots, t\}$
D	เป็น nodes ในการกำจัดที่มีศักยภาพ $\{1, \dots, d\}$
Tr	เป็น nodes ในการขนถ่ายจากพาหนะหนึ่งไปยังอีกพาหนะหนึ่ง $\{1, \dots, tr\}$
W	เป็นประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย $\{1, \dots, w\}$
Q	เป็นเทคโนโลยีในการบำบัด $\{1, \dots, q\}$
พารามิเตอร์ (Parameters)	
$c_{i,j}$	เป็นต้นทุนในหนึ่งหน่วยของการขนส่งวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายในการเชื่อมต่อ $(i, j) \in A$
$cz_{i,j}$	เป็นต้นทุนในหนึ่งหน่วยของการขนส่งวัตถุของเสียที่เหลือนในการเชื่อมต่อ $(i, j) \in A$
$fc_{q,i}$	เป็นต้นทุนประจำปีในการเปิดเทคโนโลยีในการบำบัด $q \in Q$ ณ nodes ในการบำบัด $i \in T$
fd_i	เป็นต้นทุนประจำปีในการเปิดสถานที่ที่กำจัด ณ nodes $i \in D$ ที่กำจัด
POP_{wij}	เป็นจำนวนของประชากรในความกว้างของคลื่นความถี่สำหรับประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย $w \in W$ ที่เชื่อมต่อ $(i, j) \in A$
$g_{w,i}$	ปริมาณประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย $w \in W$ ที่ถูกสร้างขึ้นมา โดย generation nodes $i \in G$
$\alpha_{w,i}$	เป็นเปอร์เซ็นต์ในการรีไซเคิลของประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย $w \in W$ ที่ถูกสร้างขึ้นมา โดย generation nodes $i \in G$
$\beta_{w,q}$	เป็นเปอร์เซ็นต์ในการรีไซเคิลของประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย $w \in W$ ที่ทำการบำบัดด้วยเทคโนโลยี $q \in Q$
$r_{w,q}$	เป็นเปอร์เซ็นต์มวลที่ลดลงของประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย $w \in W$ ที่ทำการบำบัดด้วยเทคโนโลยี $q \in Q$
$t_{q,i}$	ขีดความสามารถในการบำบัดของเทคโนโลยี $q \in Q$ ณ nodes ที่ทำการบำบัด $i \in T$
$t_{q,i}^m$	ปริมาณวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายน้อยสุดที่ต้องการสำหรับเทคโนโลยีบำบัด $q \in Q$ ณ ศูนย์กลางในการบำบัด $i \in T$
dc_i	ขีดความสามารถในการกำจัดของสถานที่ที่ตั้งในการกำจัด $i \in D$
$com_{w,q}$	เป็น 1 ถ้าประเภทของเสีย $w \in W$ ที่ตรงกันกับเทคโนโลยี $q \in Q$; หรืออย่างอื่น เป็น 0
ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)	
$x_{w,i,j}$	ปริมาณประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย w ในการขนส่งผ่านการเชื่อมต่อ (i, j)
$z_{i,j}$	ปริมาณของวัตถุของเสียที่ลดลงในการขนส่งผ่านการเชื่อมต่อ (i, j)
$y_{w,q,i}$	ปริมาณของวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย w ที่จะได้รับการบำบัด ณ nodes ในการบำบัดกับเทคโนโลยี q
d_i	ปริมาณของวัตถุของเสียที่ลดลงที่ได้กำจัด ณ nodes i ที่กำจัด
$f_{q,i}$	เป็น 1 ถ้าเทคโนโลยีในการบำบัด q ที่สร้างขึ้น ณ nodes i ในการบำบัด; หรืออย่างอื่น เป็น 0
dz_i	เป็น 1 ถ้าสถานที่ตั้งในการกำจัดที่สร้างขึ้น ณ nodes i ในการบำบัด ; หรืออย่างอื่น เป็น 0

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min} \sum_{(i,j) \in A} \sum_w c_{i,j} x_{w,i,j} + \sum_{(i,j) \in A} c z_{i,j} z_{i,j} + \sum_i \sum_q f c_{q,i} f_{q,i} + \sum_i f d_i d z_i \quad (2.26)$$

และ

$$\text{Min} \sum_{(i,j) \in A} \sum_w POP_{w,i,j} x_{w,i,j} \quad (2.27)$$

ข้อจำกัด (Subject to)

$$(1 - \alpha_{w,i}) g_{w,i} = \sum_{j:(i,j) \in A} x_{w,i,j} - \sum_{j:(j,i) \in A} x_{w,j,i} + \sum_q y_{w,q,i} \quad w \in W, i \in V \quad (2.28)$$

$$\sum_q \sum_w y_{w,q,i} (1 - r_{w,q}) (1 - \beta_{w,q}) - d_i = \sum_{j:(i,j) \in A} z_{i,j} - \sum_{j:(j,i) \in A} z_{j,i} \quad i \in V \quad (2.29)$$

$$\sum_w y_{w,q,i} \leq t_{q,i} f_{q,i} \quad q \in Q, i \in T \quad (2.30)$$

$$d_i \leq d c_i d z_i \quad i \in D \quad (2.31)$$

$$\sum_w y_{m,q,i} \geq t_{q,i}^m f_{q,i} \quad q \in Q, i \in T \quad (2.32)$$

$$y_{w,q,i} \leq t_{q,i} com_{w,q} \quad w \in W, q \in Q, i \in T \quad (2.33)$$

$$\sum_q \sum_w y_{w,q,i} = 0 \quad i \in (V - T) \quad (2.34)$$

$$d_i = 0 \quad i \in (V - D) \quad (2.35)$$

$$x_{w,i,j}, z_{i,j} \geq 0 \quad w \in W, q \in Q, i \in T$$

$$d_i \geq 0 \quad i \in D$$

$$f_{q,i} \in \{0,1\} \quad q \in Q, i \in T$$

$$d z_i \in \{0,1\} \quad i \in D$$

สมการเป้าหมาย (2.26) จะให้ความสำคัญในด้านต้นทุนที่น้อยสุด ประกอบไปด้วยผลรวมด้านต้นทุนในการขนส่งวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายและวัตถุของเสียที่เป็นเศษเหลือและต้นทุนประจำปี

ในการเปิดเทคโนโลยีในการบำบัดและสถานที่กำจัด สมการเป้าหมายที่สอง (2.27) จะให้ความสำคัญด้านความเสี่ยงที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด ที่แสดงถึงความเสี่ยงด้านการขนส่ง ซึ่งเป็นมาตรการความเสี่ยงภัยของประชากรและปริมาณการส่งวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายในพื้นที่ตามความกว้างของแถบคลื่นความถี่ที่จะลดลงให้ได้มากที่สุด และสมการ (2.28) เป็นเงื่อนไขความสมดุลการไหลของวัตถุของเสียที่เป็นอันตราย เงื่อนไขสมการที่ (2.29) เป็นสมดุลการไหลของเสียที่เหลือจากการบำบัดและวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายที่ไม่รีไซเคิลจะเปลี่ยนเป็นวัตถุของเสียที่เป็นเศษเหลือ ซึ่งจะให้ความมั่นใจได้ว่าที่สร้างขึ้นมาทั้งหมดและวัตถุของเสียเศษเหลือที่ไม่รีไซเคิลจะส่งไปยังที่กำจัดและทำลาย สมการ (2.30) และ สมการ (2.31) เป็นเงื่อนไขขีดความสามารถไม่เกินปริมาณของวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายได้บำบัดด้วยเทคโนโลยีบำบัด สมการ (2.32) เป็นเงื่อนไขปริมาณที่น้อยที่สุดของความต้องการในเทคโนโลยีบำบัดจะไม่สร้างขึ้นถ้าปริมาณที่น้อยที่สุดของวัตถุของเสียที่ต้องการต่อเทคโนโลยีนั้นไม่มากเกินไป สมการ (2.33) เป็นเงื่อนไขความสามารถทำงานที่ใช้แทนกันได้ ซึ่งมั่นใจได้ว่าประเภทวัตถุของเสียที่เป็นอันตรายจะเป็นการบำบัดกับเทคโนโลยีในการบำบัดที่ใช้ร่วมกันได้ ส่วนสมการที่ (2.34) และ สมการ (2.35) มีจุดประสงค์เพื่อให้มั่นใจได้ว่าศูนย์กลางการบำบัดและกระบวนการกำจัดสิ่งของจะเป็นทำเลที่ตั้งในศูนย์กลางของการ candidate

ต่อมา นัทพงศ์ นันทสำเร้ง (2552) ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลในการกำหนดวัตถุประสงค์ด้วยกัน 3 ด้านให้มูลค่าน้อยที่สุดโดยได้แสดงให้เห็นภาพรวมด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมและด้านความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในการขนส่งผ่านชุมชน หลังจากนั้น พรุพท์ มะยะเฉียว (2555) ได้นำเสนอผลงานที่มีลักษณะคล้ายกัน แต่จะมุ่งเน้นให้ความสำคัญในพื้นที่เขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนใต้ของไทย โดยมีวัตถุประสงค์ใน 3 ด้าน ประกอบไปด้วย (1) ด้านเศรษฐศาสตร์ (2) ด้านสิ่งแวดล้อม และ (3) ด้านการก่อเหตุวินาศกรรม เป็นผลงานที่โดดเด่นในการใช้หลักความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการพิจารณาแก้ปัญหา และผลงานล่าสุดของ Hajipour, and et al. (2016) ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายวัตถุประสงค์ หลายระดับชั้นในความแออัดของสถานที่ในการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกตามรูปแบบ Pareto ในสถานการณ์การให้บริการฉุกเฉินด้วยโครงข่ายเทคโนโลยีการสื่อสาร ในการดำเนินงานจะเป็นระดับชั้นในรูปแบบระบบแถวคอยเพื่อส่งงานให้รับบริการต่อ มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ดังต่อไปนี้ วัตถุประสงค์ที่ 1 ให้ผลรวมที่น้อยที่สุดของการเดินทางรวมและเวลารอคอย วัตถุประสงค์ที่ 2 ต้นทุนน้อยที่สุดในการสร้างสถานที่ให้บริการ และวัตถุประสงค์ที่ 3 ลดความน่าจะเป็นเวลาที่สูญเสียไปมากที่สุดของสถานที่ให้บริการ คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาการตัดสินใจที่มีหลายวัตถุประสงค์และหลายระดับชั้นจะอยู่ในเซตของ Pareto เพื่อใช้ในการวิเคราะห์วิธีการหาคำตอบที่ดีของ 2 เมตาฮิวริสติก กับ 2 อัลกอริทึม

2.9 วิธีการหาคำตอบ

ปัจจุบันปัญหาการตัดสินใจมีความยากและซับซ้อนมากขึ้น การประยุกต์วิทยาการทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นมากขึ้น ขั้นตอนวิธีการคอมพิวเตอร์หรือเราเรียกว่าอัลกอริทึมที่จะต้องเรียนรู้ถึงบริบทปัญหาเพื่อกำหนดรูปแบบขั้นตอนของอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา

(Solution Approach) อย่างเช่น การพิจารณาการตัดสินใจในการลงทุนภาคเอกชนและการส่งเสริมจากหน่วยงานรัฐบาล ปัญหา LAP จะมีส่วนสำคัญไม่น้อยในเซตคำตอบทำเลที่ตั้งของสถานที่ใหม่ที่ช่วยลดต้นทุนการขนส่งจากสถานที่ตั้งไปยังลูกค้าหรือระบบโครงข่าย ถ้าในบางกรณีการแก้ปัญหาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ วิธีการฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติกจะถูกนำมาช่วยในการแก้ปัญหา ดังกล่าว

2.9.1 การหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristic Optimization) เป็นวิธีการแก้ปัญหาด้วยการประมาณการแต่ผลลัพธ์ในคำตอบไม่สามารถรับประกันได้ว่าคำตอบที่ได้อาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด เป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีขอบกว้างทำได้เร็วขึ้น ในขณะที่การหาคำตอบด้วยวิธีการคำนวณแบบแม่นยำตรง (Exact Method) ไม่สามารถทำได้

สำหรับวิธีการแก้ปัญหาด้วยโมเดล อัลกอริทึม Branch and Bound เป็นผลงานของ Kuenne and Soland (1972) ในการพิจารณาปัญหาตัวเลือกของทำเลที่ตั้งของ m ที่ตั้งเพื่อให้ผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของระยะทางระหว่าง sink ที่ n ของแต่ละ sink ใกล้กันมากที่สุด ได้ผลลัพธ์ในคำตอบที่ดี เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของวิธีฮิวริสติก ต่อจากนั้น Guha and Khuller (1999); Xu, G. and Xu, J. (2005) ได้นำเสนอวิธี Greedy algorithm เป็นอัลกอริทึมที่มีแนวคิดที่ว่าในแต่ละขั้นจะตัดสินใจเลือกสิ่งที่ดีเหมือนเป็นสิ่งที่ดีที่สุดในตอนนั้น ๆ เสมอ แต่หลายปัญหาการใช้ Greedy algorithm อาจจะได้คำตอบที่ไม่ดีที่สุด แต่ก็อาจจะเป็นคำตอบที่ดีพอสำหรับบางกรณี ในผลงานของ Doerner and et al. (2009) ได้นำเสนอวิธีการวางแผนทำเลที่ตั้ง แบบ multi – factor ของสถานที่สาธารณะ โดยใช้วิธี NSGA-II ในการจัดการกับปัญหาที่เป็น multi – objective นอกจากนี้ยังมีวิธี Nearest Neighborhood วิธี Cluster และวิธี Local search ที่ยังเป็นที่ยอมรับในการสร้างคำตอบและพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้น

2.9.2 วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic Optimization) ในปัญหา LAP อยู่ในกลุ่มปัญหา NP-hard วิธีการหาคำตอบด้วยเมตาฮิวริสติกจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการจัดการกับปัญหาประเภทนี้ เมตาฮิวริสติกได้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีประสิทธิภาพในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และในปัจจุบันก็ยังคงมีบทบาทต่อการนำไปใช้ในการหาคำตอบเพื่อการตัดสินใจตามรูปแบบปัญหาต่าง ๆ และวิธีเมตาฮิวริสติกยังได้รับการถ่ายทอดการดำเนินงานวิจัยและวิทยาศาสตร์การจัดการโดย Glover, F. and Kochenberger, G.A. (2003)

ในวิธีการหาคำตอบของวิธีเมตาฮิวริสติกจะเริ่มจากชุดคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) จากนั้นจะค่อย ๆ พัฒนาคำตอบให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ ของแต่ละรอบด้วยหลักการของการหาคำตอบ โดยโครงสร้างของการค้นหาคำตอบของวิธีเมตาฮิวริสติกแบบต่าง ๆ จะมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน คำตอบที่ได้เมื่อสิ้นสุดจำนวนรอบหรือเงื่อนไขที่กำหนด จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดของชุดคำตอบที่เป็นไปได้

หลักการเบื้องต้นของวิธีเมตาฮิวริสติก ได้ให้ข้อสรุป ดังต่อไปนี้

2.9.2.1 เป็นวิธีการที่มีรูปแบบการค้นหาคำตอบที่ดีภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้

2.9.2.2 มีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

2.9.2.3 วิธีเมตาฮิวริสติกอาจมีรูปแบบที่ซับซ้อนและไม่ซับซ้อน อย่างเช่น วิธีการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการเลียนแบบการอบอุ่น (Simulated Annealing: SA) วิธีการพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search: TS) วิธีโลคอลเสิร์ช (Local Search: LS) และวิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO)

2.9.2.4 เป็นการรวมแบบผสมผสานเทคนิคของวิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบ

2.9.2.5 วิธีเมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอนแต่สามารถปรับเปลี่ยนในรายละเอียดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความแตกต่างกันออกไป

2.9.2.6 วิธีเมตาฮิวริสติกบางประเภทมีการใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้น ในการจดจำคำตอบเดิมเพื่อให้การค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำที่เดิม อย่างเช่น วิธีการค้นหาต้องห้าม

วิธีการหาคำตอบของเมตาฮิวริสติกไม่ได้กำหนดวิธีการค้นหาที่ชัดเจนว่าทำอย่างไร สำหรับการหาคำตอบที่เป็นไปได้ และการค้นหาคำตอบจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของวิธีการแก้ปัญหาที่มีลักษณะทั่วไป

Murry and Church (1996) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีการเลียนแบบการอบอุ่นในการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (LAP) ต่อมา Vecihi และคณะ (2006) ได้นำเสนอการวิวัฒนาการของวิธีการเลียนแบบการอบอุ่น (ESA) ในปัญหา uncapacitated facility location problem ที่มีขนาดใหญ่ และ Mark and et al. (2004) ได้นำเสนอการจัดการโซนของป่าไม้เพื่อเป็นการมอบหมายผืนดินด้วยวิธีการเลียนแบบการอบอุ่นโดยมีหลายวัตถุประสงค์ซึ่งประกอบไปด้วยเป้าหมายในระดับภูมิประเทศ ขนาด รูปร่างและประเภทความสัมพันธ์ของระบบที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ต่อจากนั้น Duh and Brown (2007) ได้นำเสนอความสามารถของวิธีการเลียนแบบการอบอุ่นตามวิธีการแบบ Pareto สำหรับการจัดสรรเชิงพื้นที่ที่มีหลายวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงให้เห็นในการพัฒนาและการพิสูจน์ความสามารถในรูปแบบที่นำเสนอและยังแสดงถึงความสามารถในประสิทธิภาพที่มีมากกว่ารูปแบบมาตรฐานวิธีการเลียนแบบการอบอุ่นตามวิธีการ Pareto

ในผลงานของวิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search: TS) เป็นวิธีที่ค่อนข้างได้รับความนิยมอย่างมาก อย่างเช่น Brimberg and Mladenovic (1996); Ohlemueller (1997) ได้ใช้วิธีนี้ในการจัดการกับปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (LAP) และ Crainic and et al. (1993) ได้ประยุกต์ใช้วิธี tabu algorithm ในปัญหา LAP ของสินค้าที่มีหลากหลายกับความต้องการที่มีความสมดุล ต่อมา Al-Sultan and Al-Fawzan (1999) ได้ใช้วิธี TS ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบในปัญหามาตรฐานของ uncapacitated facility location problem ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีในการหาคำตอบ ในส่วนของ ArosteGUI and et al. (2006) ได้ใช้วิธีการทดลองเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธี tabu search วิธี simulated annealing และวิธี genetic algorithm ในปัญหา FLP นอกจากนี้ยังได้นำวิธี tabu search ไปใช้ในการแก้ปัญหาด้านโลจิสติกส์อื่น ๆ อีกมากมาย อย่างเช่น Escobar and et al. (2014) ใช้วิธี A hybrid granular tabu search ในปัญหา multi – depot vehicle routing problem

ในส่วนการหาคำตอบด้วยกลุ่มประชากรเพื่อนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทั่วไปของวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) Zhou and et al. (2002) ได้ใช้วิธีนี้เพื่อเสนอวิธีการมอบหมายลูกค้าให้มีความสมดุลต่อคลังสินค้า Salhi and Germal (2003) นำเสนอวิธี GA ในการจัดการกับปัญหา Uncapacitated continuous location-allocation problem และ Lui W.S. and et al. (2008) นำเสนอวิธีการดำเนินการแบบประหยัดต้นทุนและการขนส่งที่เป็นหนึ่งในปัญหาที่ใหญ่มากในระบบโลจิสติกส์ของขยะในเมืองด้วยวิธี GA เช่นเดียวกัน ส่วนผลงานของ Li, X., Liu, Z. and Zhang, X. (2009) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ GA และ Hilbert curve ในการแก้ปัญหา capacitated location allocation of facilities ซึ่งจะชี้ให้เห็นใน demand point หรือหน่วยเชิงพื้นที่ และวิธีการเข้ารหัสโครโมโซมที่รวดเร็วของ GA และในปีเดียวกัน Zhao, D. and et al. (2009) นำเสนอปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม (FLP) ในกรณีฉุกเฉินที่มีหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธี GA และเนื่องจากปัญหานี้ข้อจำกัดที่ซับซ้อนปรับเปลี่ยนข้อจำกัดให้ง่ายขึ้นด้วยการใช้ฟังก์ชันการคาดโทษ (punishment function) ต่อจากนั้น Sasaki and et al. (2010) ใช้วิธี GA เพื่อนำเสนอในการวางแผนด้านสุขภาพที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบันและอนาคตของตัวอย่างทำเลที่ตั้งโรงพยาบาลเพื่อตอบสนองเวลาการใช้โรงพยาบาลที่เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อชีวิตของผู้ป่วยในกรณีฉุกเฉิน Chan and Kumar (2009) ได้ประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) ในปัญหาการมอบหมายลูกค้าของศูนย์กลางกระจายสินค้าและ Hua และคณะ (2010) ใช้วิธี ACO เพื่อวัตถุประสงค์ในการตอบสนองคุณสมบัติของ cloud computing ในการพยากรณ์ความสามารถทรัพยากรของ node ที่พร้อมใช้งาน แล้วก็ทำการวิเคราะห์ factor บางตัว เช่น คุณภาพของโครงข่ายหรือเวลาการตอบสนองต่อเซตของทรัพยากรการคำนวณที่เหมาะสมที่สุดที่ได้มา นอกจากนี้ยังมีวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของหลักการทำงานของกลุ่มประชากรในการแก้ปัญหาทางานวิจัยในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นในรูปแบบวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการเลียนแบบธรรมชาติและการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution algorithm: DE) โดยผลงานวิจัยวิธีการเหล่านี้ เริ่มได้รับความสนใจมากขึ้นจนถึงปัจจุบัน

2.10 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่าง

วิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่าง (Differential evolution algorithm: DE) ได้รับการพัฒนามาจากวิธีการกลยุทธ์วิวัฒนาการ (Evolution strategy: ES) โดย Price และ Stron วิธีการ DE เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่เชื่อถือและสามารถปรับรูปแบบวิธีการหาคำตอบให้เข้ากับปัญหาที่มีวิธีการดำเนินงานที่ไม่ยุ่งยาก มีผลงานตีพิมพ์ของ DE ครั้งแรกจะเป็นการรายงานด้านเทคนิคในปี 1995 (Stron and Price, 1995) ต่อจากนั้นมา DE ได้พิสูจน์ตัวเองในการแข่งขัน เช่น the IEEE's International Contest on Evolution Optimization (ICEO) ใน 1996 และ 1997 การประยุกต์ใช้กับปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างมากมาย

ในผลงานวิจัยที่ได้ทำการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของ DE และการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการของ DE เข้าสู่การแก้ปัญหาต่าง ๆ มากมาย เริ่มต้นที่ผลงานของ KukKonen and Lampinen (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธี DE และวิธี NSGA-II (Deb and et al. 2002) และวิธี SPEA (Zitzler and Thiele 1999) ในปัญหารูปแบบ multi-

objective function ที่มีอยู่ใน benchmark โดยการทดลองได้สร้าง DE สองรูปแบบ จะเป็นรูปแบบ Generalized differential evolution (GDE) จะใช้กฎเกณฑ์การเลือกตามแบบ Pareto สำหรับจัดการในเงื่อนไขและหลายวัตถุประสงค์ ส่วนรูปแบบที่สอง จะมีชื่อเรียกว่า GDE2 จะเพิ่มกระบวนการที่มากขึ้น ผลลัพธ์คำตอบที่ได้เข้าใกล้คำตอบที่ Pareto-front และในปี 2009 Qin และคณะ ได้เสนอเทคนิคการค้นหาโดยการสร้างเลขสุ่มตามประชากรที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้แก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมในพื้นที่ว่างที่ต่อเนื่องกัน ด้วยวิธีการ self-adaptive DE (SaDE) algorithm ด้วยวิธีการสร้างขึ้นของ trial vector และการควบคุมค่าพารามิเตอร์ จะค่อย ๆ ปรับตัวเองด้วยการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ในการสร้างผลลัพธ์คำตอบ ด้วยการทำการทดลองกับผลงานที่ได้พัฒนามาก่อนหน้านั้น ด้วยการประเมินผลใน 26 เงื่อนไขข้อจำกัดปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมเชิงตัวเลข และการนำเสนอวิธีการปรับตัวเองของ DE เพื่อพัฒนาคุณภาพคำตอบของ Fan Q. and Yan X. (2015) โดยเลือกการควบคุมพารามิเตอร์และวิธีการ mutation มีชื่อย่อว่า DMPSADE จะทำการควบคุมพารามิเตอร์การ mutation ของแต่ละตัว และแต่ละตัวควบคุมพารามิเตอร์การ crossover โดยได้ทำการทดลองกับ 8 ผลงานที่ได้พัฒนามาก่อนหน้านี้ของงานด้าน DE และ 3 อัลกอริทึมที่ไม่ใช่ DE โดยใช้ 25 benchmark ผลลัพธ์ที่ได้ในประสิทธิภาพการทำงานโดยเฉลี่ยแล้ววิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า วิธีการที่ใช้ในการทดลองมีด้วยกันถึง 5 รูปแบบด้วยกัน และในผลงานปีล่าสุดของ Şahin, C. and Kuvvetli, Y. (2016) ได้นำเสนอวิธีการของ DE algorithm ในปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือในความต่อเนื่องที่เป็นรูปแบบพลวัต ซึ่งเขาได้เสนอการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมก่อนของ ค่า $F=0.7$, $Cr=0.2$ และ $NP = 40$ ต่อจากนั้นก็เข้าสู่การแข่งขันในประสิทธิภาพของวิธีการ SA, IA, GRASP และการใช้โปรแกรม MIX (mix integer programming model) ผลลัพธ์คำตอบที่ได้วิธีการ DE มีประสิทธิภาพดีกว่าทุกวิธีการที่นำมาแข่งขัน โดยเฉพาะในขนาด scale การทดลองที่มีขนาดใหญ่ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีทั้งในส่วนของต้นทุนการดำเนินการและเวลา CPU ที่ใช้ในการคำนวณ

นอกจากนี้ การใช้วิธีการของ DE เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านโลจิสติกส์ก็ได้รับความสนใจไม่น้อยจากนักวิจัยและนักพัฒนาโปรแกรม Erbao, C. and Mingyong, L. (2009) ได้ใช้วิธีการของ DE ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) กับการพิจารณาในส่วนของ fuzzy demands ที่ใช้เป็นเงื่อนไขการออกแบบโมเดลของโปรแกรม ทำการจำลองสถานการณ์แบบ stochastic และวิธีอัลกอริทึมของ DE เพื่อบูรณาการในการออกแบบอัลกอริทึมของ hybrid intelligent ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองของดัชนีการตั้งค่าผู้มอบหมายงานได้รับค่าดีที่สุด ด้วยการหาค่าพารามิเตอร์ crossover ในการพัฒนาคำตอบเพื่อให้หลุดออกจาก local optimum ต่อจากนั้น Liao, T. W. and et al. (2012) ได้นำเสนอ สองรูปแบบการผสมของวิธีการ DE ในการจัดลำดับรถบรรทุกในการดำเนินการเทียบท่าข้ามฟากในขาเข้าและขาออกที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เวลารวมในการดำเนินการน้อยที่สุดหรือเทียบเท่าต่อปริมาณงานที่ทำของระบบเทียบท่าข้ามมากที่สุด การดำเนินการหาคำตอบใช้ pseudo code ของอัลกอริทึม DE-AGZ และสองอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมา HDE-1 และ HDE-2 โดยใช้จำนวนประชากร ค่า F และ Cr เท่ากัน ผลลัพธ์คำตอบที่ได้ วิธีทั้งสองรูปแบบการผสมของวิธีการ DE ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี DE-AGZ และวิธี HDE-2 ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด ในปี 2017 Dechampa, D. and et al. (2017) ได้นำเสนอ DE algorithm ในปัญหา VRP

ที่มีข้อจำกัดขีดความสามารถความจุของยานพาหนะในการบริการการจัดส่งอุตสาหกรรมสัตว์ปีก ด้วยสองฮิวริสติก DE_G-Q-DVRP-FD และ MSEOMDE_G-Q-DVRP-FD โดยวิธีฮิวริสติกที่สองนี้จะเป็นการจัดกลุ่มลูกค้าก่อนและทำการจัดเส้นทางขนส่ง ทำให้ได้รับต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธีการที่สถานประกอบการที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันที่ 7.59–31.28% และดีกว่าวิธีการฮิวริสติกที่หนึ่งอยู่ที่ 0.84–13.15% ในปีต่อมา Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016a) นำเสนอวิธีการ DE algorithm สำหรับตารางกำหนดการขนส่งน้ำมันดิบ โดยมีวัตถุประสงค์ต้นทุนที่ต่ำสุดในการพิจารณาต้นทุนเชื้อเพลิง ต้นทุนการทำความสะอาดและการเช่าเชื้อเพลิงน้ำมันดิบของยานพาหนะ โดยได้นำเสนอการปรับเปลี่ยนหาวิธีการของ DE กับสองขั้นตอนของกระบวนการเกิดใหม่และการอยู่รอด ตามวิธีการที่สร้างขึ้นมีชื่อว่า re-born vector ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีเส้นทางที่สั้นลงและการใช้รถบรรทุกในระบบน้อยลง นอกจากนั้นในปีเดียวกัน Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016b) ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงวิธีการ DE algorithm ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงานทั่ว ๆ ไป จะเป็นการแนะนำเทคนิคของ Local search ทั้ง 3 วิธี เพื่อพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้น โดยทั้ง 3 เทคนิคนี้ได้ขยายประสิทธิภาพการหาคำตอบออกไปอีกเป็น 7 วิธี นอกจากนั้นยังได้วัดประสิทธิภาพการหาคำตอบในแต่ละวิธีเพื่อคัดเลือกวิธีที่ดีที่สุด ไปแข่งขันกับวิธี BEE algorithm และ Tabu algorithm ในชุดตัวอย่างการทดลองของ Gapa-Gape ผลลัพธ์ที่ได้วิธีการ DE-SK ให้ผลลัพธ์คำตอบดีกว่าสองฮิวริสติก

การหาค่าที่เหมาะสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ วิธีการของ DE ก็ได้ความสนใจเป็นลำดับจากการนำเสนอผลงาน พรุห์ มะยะเฉียว (2555) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นในโซ่อุปทาน โดยมีวัตถุประสงค์ให้ต้นทุนเกิดขึ้นน้อยที่สุดทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรม ด้วยวิธีการของ DE ด้วยการปรับค่า F, Cr และ Pop-open ในการเปิดลานเทปาล์มน้ำมัน นอกจากนั้นยังได้ใช้วิธี Roulette Wheel Selection รวมในการมอบหมายงาน ผลลัพธ์คำตอบที่ได้ใช้เวลาน้อยกว่าโปรแกรม Lingo V.11 ที่ 87.32% และให้คำตอบที่เป็นไปได้เมื่อเทียบกับโปรแกรม ต่อจากนั้น Pitakaso, R. and Thongdee, Th. (2012) ในการเสนอการแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้งและการจัดสรรงานแบบหลายลำดับชั้น หลายต้นกำเนิดและหลายจุดประสงค์ เพื่อทำการเปิดโรงงานเอทานอล โดยมีวัตถุประสงค์ในด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย ในกรณีศึกษาเพื่อดำเนินงานครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม Lingo v.11 เปรียบเทียบกับการหาคำตอบด้วยวิธีการของ DE เวลาที่ใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรมจะใช้เวลามากกว่า 30 ชั่วโมง แต่กระบวนการของ DE ใช้เวลาน้อยกว่า 98% และผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงคุณภาพคำตอบในการใช้โปรแกรม ซึ่งมีต้นทุนสูงกว่า 1.8% ในปีต่อมา ได้ทำการพัฒนากระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ DE มีชื่อว่า MODDE โดยให้ค่า F สามารถปรับค่าได้ด้วยตัวเอง โดยการปรับค่าตามประชากรของคำตอบที่ถูกออกแบบไว้สามระดับ ส่วนค่า Cr จะปรับตัวเองได้เช่นกันด้วยการสร้างสมการขึ้นใช้ในกระบวนการนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จะใช้เวลาในการคำนวณที่เร็วกว่าการใช้โปรแกรม Lingo ที่ 99% แต่ต้นทุนยังสูงกว่าที่ประมาณ 5% และผลงานล่าสุดในปี 2016 Su, Zh. and et al. (2016) ได้นำเสนอวิธีมอบหมายทรัพยากรกรณีฉุกเฉินหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันของภัยพิบัติธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์ลดความสูญเสียและความสูญเสียด้านเศรษฐกิจด้วยวิธีการของ DE โดยจะสร้าง scheme เป็น two dimensional integer vector ของการเข้ารหัส ซึ่งในแต่ละแถวจะแทนหน่วยกู้ภัยและแต่ละคอลัมน์หมายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการพิจารณา

หาคำตอบด้วยวิธีการนี้จะทำควบคู่กันไปในการตอบสนองด้านเวลาและต้นทุนแหล่งทรัพยากรกรณีฉุกเฉิน ผลลัพธ์คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นวิธีการรูปแบบเดิม

จากการศึกษาทฤษฎี หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา LAP ที่มีหลายระดับชั้นการทำงาน ซึ่งปัญหาที่ทำการศึกษานี้มีความซับซ้อนและจัดอยู่ในกลุ่มปัญหา NP-Hard วิธีการหาคำตอบในหลาย ๆ วิธีที่ได้ทำการศึกษาทั้งในรูปของวิธีการหาคำตอบแม่นยำ วิธีฮิวริสติกและวิธีเมตาฮิวริสติกที่ได้นำเสนอข้างต้นนั้น จะขอสรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา LAP ในงานวิจัยของกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักวิจัย	ชื่อผลงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา
Cooper, L. (1963)	Location – Allocation problem	Exact external equation and heuristic method
Kuenne, R. E. and Soland, R. M. (1972)	Exact and approximate solution to the multi-source Webber problem	Branch and bound algorithm
Crainic and et al. (1993)	A tabu search procedure for multi commodity location/allocation with balancing requirement	Tabu search
Al-Sultan and Ai-Fawzan (1999)	A tabu search approach to the uncapacitated facility location problem	Set of candidate moves and tabu search
Badri, M. A. (1999)	Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem	AHP and goal-programming methodology
Guha, S. and Khuller, S. (1999)	Greedy strikes back: improved facility location algorithm	Greedy heuristic combined with the algorithm by Shmoys, Tardos and Aardal
Fernandez and et al. (2000)	A continuous location model for siting a non-noxious undesirable facility within a geographical region	Interval analysis and branch and bound algorithm

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

นักวิจัย	ชื่อผลงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา
Salhi and Gamal (2003)	A Genetic Algorithm Based Approach for the Uncapacitated Continuous Location-Allocation Problem	Genetic algorithm
Cappanera and et al. (2004)	Discrete facility location and routing of obnoxious activities	ใช้วิธี bundle method เพื่อแก้ปัญหาแต่ละ node ด้วยวิธี lagrangean dual and branch and bound
Castillo, J. E. (2004)	Route optimization for Hazardous materials transport	ใช้โปรแกรม ArcGIS version 8.3 และ GAMS version 19.2 GAMS ในการพัฒนา route optimization model
Hsieh and Tien (2004)	self-organizing feature maps for solving location-allocation problem with rectilinear distance	ตามรูปแบบวิธี Kohonen self-organizing feature maps(SOFMs) ด้วยการคงไว้ในการ Clustering ของปัญหา LAP
Kukkonen and Lampinen (2004)	An extension of generalized differential evolution for multi-objective optimization with constraints	วิธีการ DE ในการแก้ปัญหา
Mark and et al. (2004)	Creating land allocation zones for forest management: a simulated annealing approach	ใช้วิธี simulated annealing algorithm เพื่อสร้างโซนการจัดการผืนป่า
Xu, G. and Xu, J. (2005)	An LP Rounding Algorithm for approximating uncapacitated facility location problem with penalties	Greedy facility location algorithms analyzed using dual fitting with factor-revealing LP
Amiri, A. (2006)	Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure	พัฒนา mixed integer programming model และวิธี lagrangean

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

นักวิจัย	ชื่อผลงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา
Vecihi and et al. (2006)	Solving large-scale uncapacitated facility location problem with evolutionary simulated annealing	The power of simulated annealing (SA) in local search and that of evolutionary approach in global search
Berman and et al. (2007)	Designing emergency response networks for hazardous materials transportation	ใช้วิธี Quebee และ Ontario ที่ชี้ให้เห็นความเป็นไปได้ อย่างมีนัยสำคัญในการปรับปรุงการตอบสนองความสามารถผ่าน การย้ายสถานที่ตั้งที่มีอยู่เดิม
Duh, J. D. and Brown, D. G. (2007)	Knowledge-informed Pareto simulated annealing for multi-objective spatial allocation	เป็นการพัฒนาและแสดงให้เห็นถึงวิธีการ Pareto simulated annealing ในปัญหาการจัดสรรที่มีหลายวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาแบบเชิงพื้นที่เป็นวัตถุประสงค์
Liu, W. S. and et al. (2008)	A genetic algorithm approach to location-allocation problem in Urban Garbage Logistics System	ใช้วิธี Genetic algorithm
Chan and Kumar (2009)	Effective allocation of customer to distribution centers: A multiple ant colony optimization approach	ใช้เทคนิค MACO จากการโมดิฟายรูปแบบเดิมของวิธี Ant colony system
Doerner and et al. (2009)	Multi-criteria location planning for public facilities in tsunami-prone coastal areas	ใช้วิธีฮิวริสติกตามรูปแบบ NSGA-II algorithm และทำการเปรียบเทียบกับแถบพื้นที่ศึกษาอื่น ๆ
Erbao, C. and Lai, M. (2009)	A Hybrid differential evolution algorithm to vehicle routing problem with fuzzy demands	ใช้วิธี DE ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะและการบูรณาการ hybrid intelligent

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

นักวิจัย	ชื่อผลงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา
Fazel-Zaradi and et al. (2009)	Solving a location-Allocation Problem with logic-Based Bender's Decomposition	ใช้วิธี logic-Based Bender's Decomposition
Nanthasamroeng (2009)	ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบขานอ้อยแบบหลายวัตถุประสงค์	ใช้วิธี Iterated local search and perturbation
Qin and et al. (2009)	Differential evolution algorithm with strategy adaptation for global numerical optimization	ใช้วิธี self-adaptive DE (SaDE) algorithm และการควบคุมพารามิเตอร์ ค่อย ๆ ปรับตัวเองด้วยการเรียนรู้
Xu, G. and Xu, J. (2009)	An improved approximation algorithm for uncapacitated facility location problem with penalties	ประยุกต์ใช้วิธี GA และ Hilbert curve
Zhao and et al. (2009)	Multi-objective Emergency Facility location Problem Based on Genetic Algorithm	ใช้วิธี Genetic algorithm
Sasaki and et al. (2010)	Using genetic algorithm to optimize current and future health planning the example of ambulance location	ใช้วิธี Genetic algorithm
ปรุพท์ มะยะเฉียว (2555)	การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นในโซ่อุปทาน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้	ใช้วิธี DE ร่วมกับวิธี Roulette wheel selection
Liao and et al. (2012)	Two hybrid differential evolution algorithm for optimal inbound and outbound truck sequencing in cross docking operations	ใช้รูปแบบการผสมของวิธี DE-AGZ และ HDE-1, HDE-2

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

นักวิจัย	ชื่อผลงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา
Pitakaso, R. and Thongdee, T.H. (2012)	Solving a multi-objective, Source & Stage location-allocation Problem using Differential Evolution	ใช้วิธี DE and modified differential ด้วยการปรับค่า Cr ด้วยตัวเองและ DE-PSO
Sultana, A. and Kumar, A. (2012)	Optimal siting and size of bioenergy facilities using geographic information system	AHP
ทองพูน ทองดี (2557)	การแก้ปัญหการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายเส้นทางแบบหลายลำดับขั้น หลายต้นกำเนิด และหลายวัตถุประสงค์ด้วยกระบวนการโมติฟายดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชัน	ใช้วิธี DE ที่มีชื่อว่า MODDE โดยให้ค่า F และสามารถปรับตัวเองได้
Escobar and et al. (2014)	A hybrid granular tabu search algorithm for the multi-depot vehicle routing problem	ใช้วิธี hybrid Granular tabu search กับการพิจารณาความแตกต่างในยุทธวิธี neighborhood และวิธี diversification
Fan, Q. and Yan, X. (2015)	Self-adaptive differential evolution algorithm with discrete mutation control parameters	ใช้วิธี DE algorithm ในการควบคุมพารามิเตอร์ mutation, crossover
Hajpour and et al. (2016)	Multi-objective multi-layer congested facility location-allocation problem optimization with pareto-based meta-heuristic	ใช้วิธี MOVDO และ MOHSA เพื่อเปรียบเทียบกับวิธี NSGA-II และ MOSA
Saeidian and et al. (2016)	Evaluation and comparison of genetic algorithm and bees algorithm for location-allocation of earthquake relief centers	เป็นการเปรียบเทียบการแก้ปัญหาระหว่างวิธี GA และ Bee algorithm

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

นักวิจัย	ชื่อผลงานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา
Şahin, C. and Kuvvetli, Y. (2016)	Differential evolution based meta-heuristic algorithm for dynamic continuous berth allocation problem	ใช้วิธี DE
Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016a)	Improved differential evolution algorithms for solving generalized assignment problem	ใช้วิธี DE และ 3 เทคนิคในการ local search (shifting, swap and k-variable move)
Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016b)	Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation	ใช้วิธี DE และ k-cyclic move technique
Su, Zh. and et al. (2016)	Multiple emergency resource allocation for concurrent incidents in natural disasters	ใช้วิธี DE โดยมีรูปแบบเวกเตอร์ เป็น two dimensional integer vector
Dechampai and et al. (2017)	A differential evolution algorithm for the capacitated VRP with Flexibility for mixing pickup and delivery services and the maximum duration route in poultry industry	ใช้สองฮิวริสติกในการแก้ปัญหา DE_G-Q-DVRP-FD และ MSEOMDE_G-Q-DVRP-FD
Gokbayrak, K. and Kocaman, A. S. (2017)	A distance – limited continuous location-allocation problem for spatial planning of decentralized systems	ใช้วิธี PSCP และ set of candidate locations ให้อยู่ในรูป union ใน set of location in PSCP และใช้วิธี modified Weiszfeld'algorithm

จากการศึกษาผลงานและการดำเนินงานวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับรูปแบบปัญหา LAP และระบบโลจิสติกส์ ในการดำเนินการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกและวิธีเมตาฮิวริสเพื่อประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพวิธีสร้างคุณภาพของคำตอบในปัญหาที่มีความซับซ้อนและตามสถานะความจริงในปัจจุบัน วิธีการเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้มีความเร็วในการประมวลผลมากขึ้น การหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่าง เป็นวิธีการที่ผู้วิจัยให้ความสนใจในวิธีการแก้ปัญหาและให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีในการแก้ปัญหาที่มีหลายระดับชั้นได้ดี จากหลาย ๆ ผลงานที่แสดงให้เห็นแต่คำตอบที่ได้นั้นจะอยู่ในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถปรับให้เข้ากับสถานการณ์ของปัญหาที่ตั้งขึ้น นอกจากนั้นวิธีการเทคนิค Local search ที่ใช้ในการพัฒนาคำตอบ

ให้ดีขึ้นจากการสร้างขึ้นในอัลกอริทึมของแต่ละผลงาน ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกวิธีการแก้ปัญหาตามรูปแบบวิธีฮิวริสติกและวิธีเมตาฮิวริสติก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย วิธีการแก้ปัญหาการทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้นของกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์มน้ำมันที่ต้องคำนึงถึงสถานการณ์ความไม่สงบของพื้นที่และสภาวะความปลอดภัยที่ส่งผลกระทบต่อการขยายพื้นที่เพาะปลูก การเพิ่มศักยภาพของผลผลิต และการลงทุนในระบบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ปัญหาการทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับชั้นของกิจกรรมปาล์มน้ำมัน เฉพาะในส่วนของการลำเลียงผลผลิตจากเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน และจากลานเทปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จากการศึกษากิจกรรมการส่งเสริมเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ของไทยและการศึกษาการแก้ปัญหาการจัดการโลจิสติกส์ของมณฑลนา กระโหมงศ์ (2559); พรุพห์ มะยะเฉียว (2555) ในการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในพื้นที่ดังกล่าว ถือเป็นจุดเริ่มต้นต่อการพัฒนาเพื่อรองรับการขยายตัวพื้นที่การเพาะปลูกและการเพิ่มศักยภาพของผลผลิต รูปแบบกระบวนการในการแก้ปัญหาจะให้น้ำหนักความสำคัญต่อวิธีการแก้ปัญหาด้วยกัน 3 ด้าน (1) การให้ความสำคัญต่อต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อยที่สุด (2) การให้ความสำคัญต่อการลดปริมาณปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวล้อมน้อยที่สุด และ (3) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดของพื้นที่ในด้านความปลอดภัยในเส้นทางส่งผลผลิตและการเปิดลานเทต่อการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุด และทำการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะอ้างอิงในผลงานของ พรุพห์ มะยะเฉียว (2555) ที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีดังต่อไปนี้ (1) ตำแหน่งพิกัดในการระบุข้อมูลแหล่งปลูกปาล์มและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (2) ข้อมูลผลผลิตของเกษตรกรแต่ละราย และ (3) ข้อมูลด้านความปลอดภัย

ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยประยุกต์ใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่าง (Differential evolution algorithm: DE) ในการพัฒนาอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างผลลัพธ์คำตอบ โดยสร้างตัวอย่างเพื่อการทดลองอยู่ในขอบเขตข้อมูลกรณีศึกษา และตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะมีขนาดการทดลองด้วยกัน 5 ขนาด คือมีจำนวนสมาชิกของเกษตรกร (i) เท่ากับ 5 ราย 10 ราย 20 ราย 50 ราย 100 ราย และการสร้างตัวอย่างของการทดลองนี้จะมีมากกว่า 1 ชุดที่ใช้ในการทดลอง โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้มีความแตกต่างกัน อย่างเช่น การทดลองที่กำหนดให้ในแต่ละตัวอย่าง การทดลองมีค่า capacity ในแต่ละลานเทมีขนาดเท่ากัน และ capacity ของแต่ละโรงงานมีขนาดเท่ากัน แต่ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์คำตอบจะไม่เหมือนกัน หรือเป็นการกำหนดให้ capacity ของแต่ละลานเทและแต่ละโรงงานไม่เท่ากันและค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ใช้ในการคำนวณไม่เหมือนกัน การทดสอบปัญหาในกรณีศึกษานี้จะวัดประสิทธิภาพตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในกรณีดังกล่าว โดยใช้ตัวอย่างการทดลองที่สร้างขึ้นมาทำงาน

ในโปรแกรม LINGO V.11 และต่อจากนั้นจะใช้วิธีการพัฒนาการโดยผลต่างแก้ปัญหาดังกล่าวและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมาด้วยโปรแกรม Dev C++ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในภาพรวม ดังภาพที่ 3.1

3.2 การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้รวบรวมและปรับเปลี่ยนข้อมูลบางส่วนจากกรณีศึกษาของ ปรุฬห์ มะยะเฉียว (2555) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน โดยมีข้อพิจารณาต่อในรายละเอียดดังต่อไปนี้

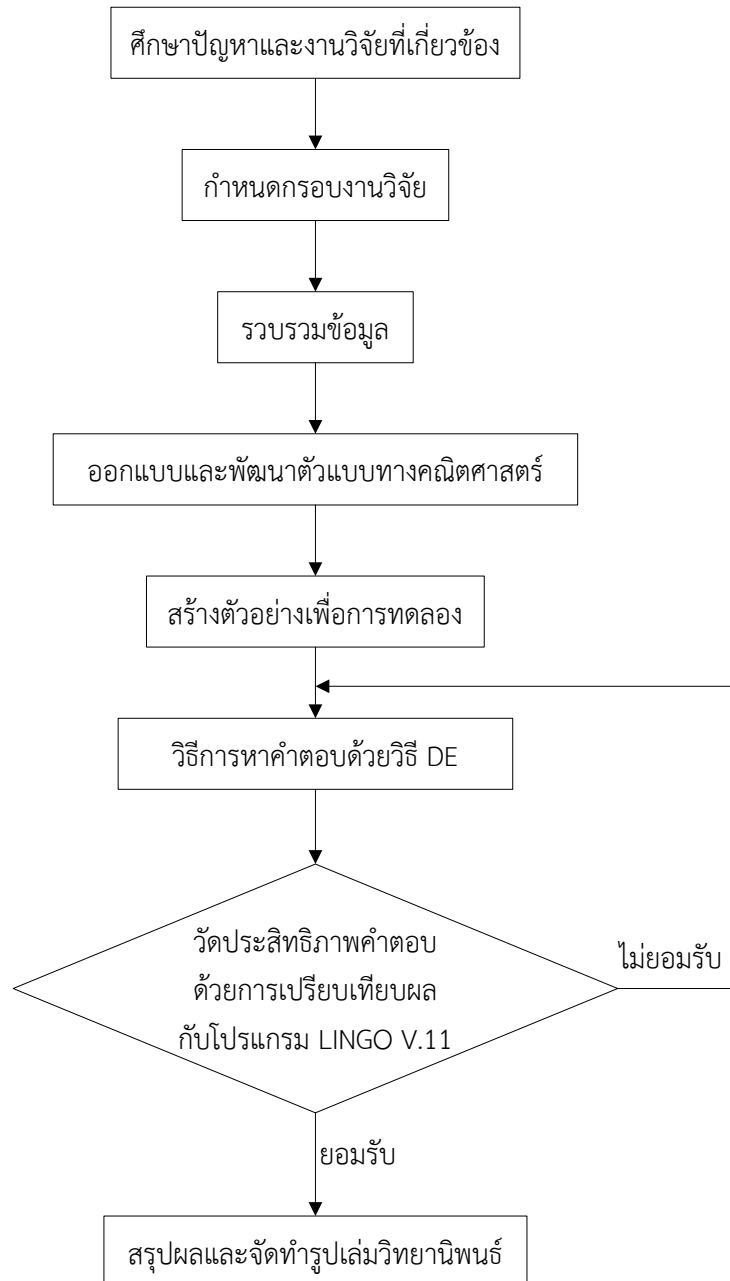
3.2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและปริมาณผลผลิต

โดยข้อมูลในส่วนนี้เราได้กำหนดให้ 1 ตำบลเป็นตัวแทนเกษตรกร 1 ราย ใช้ค่าพิกัดแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นการกำหนดระยะทางจริง (หน่วยกิโลเมตร) ด้วยโปรแกรม Google Earth ช่วยในการหาระยะทางที่มีการเชื่อมต่อกันระหว่างแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันทั้ง 77 แห่ง และตำแหน่งที่ตั้งของลานเทปาล์มน้ำมันที่อยู่ในกลุ่ม candidate ของพื้นที่เปิดลานเทปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 3.1

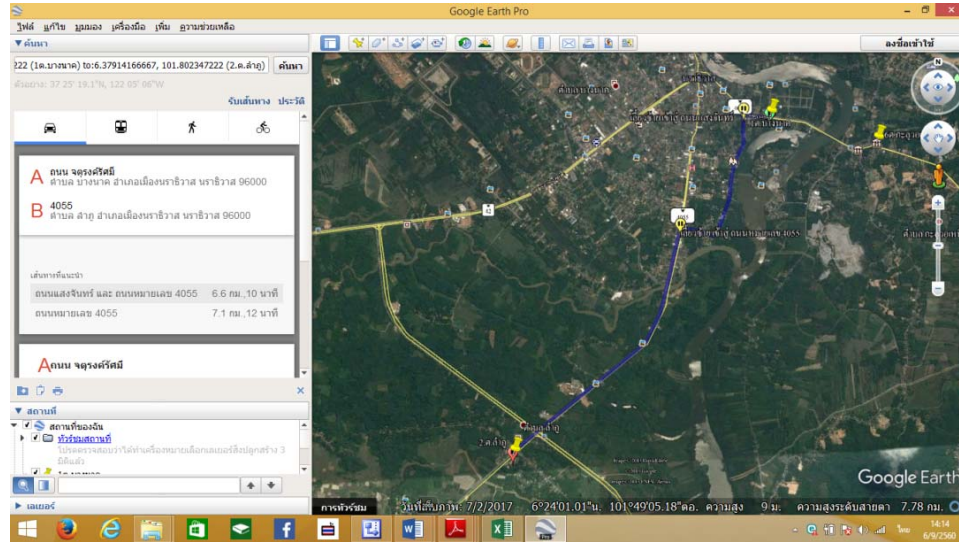
ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด แหล่งปลูกปาล์มน้ำมันของกรณีศึกษา

ตำแหน่งปลูกปาล์มน้ำมัน	ละติจูด	ลองจิจูด
1. ตำบลบางนา	6° 25' 14.34"	101°50' 2.57"
2. ตำบลลำภู	6° 22' 44.91"	101°48' 8.45"
3. ตำบลมะนังตะยอ	6° 21' 55.03"	101°45' 36.76"
4. ตำบลบางปอ	6° 18' 13.25"	101°48' 48.04"
.....		
.....		
.....		
76. ตำบลผดุงมาตร	6° 5' 40.36"	101°44' 50.44"
77. ตำบลช้างเผือก	6° 59' 13.35"	101°34' 14.02"

ที่มา: ปรุฬห์ มะยะเฉียว (2555)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในภาพรวม



ภาพที่ 3.2 การหาระยะทางระหว่างตำบลบางแค ไปตำบลลำภู ด้วยจากการใช้ Google earth

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการระยะจากตำแหน่งพิกัดละติจูด และลองติจูดจะเป็นระยะทางจริงของระยะทางขนส่งระหว่างแหล่งปลูกปาล์มและลานเทปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 3.2 และระยะทางขนส่งของลานเทปาล์มน้ำมันแต่ละแห่งไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 2 แห่ง ดังตารางที่ 3.4

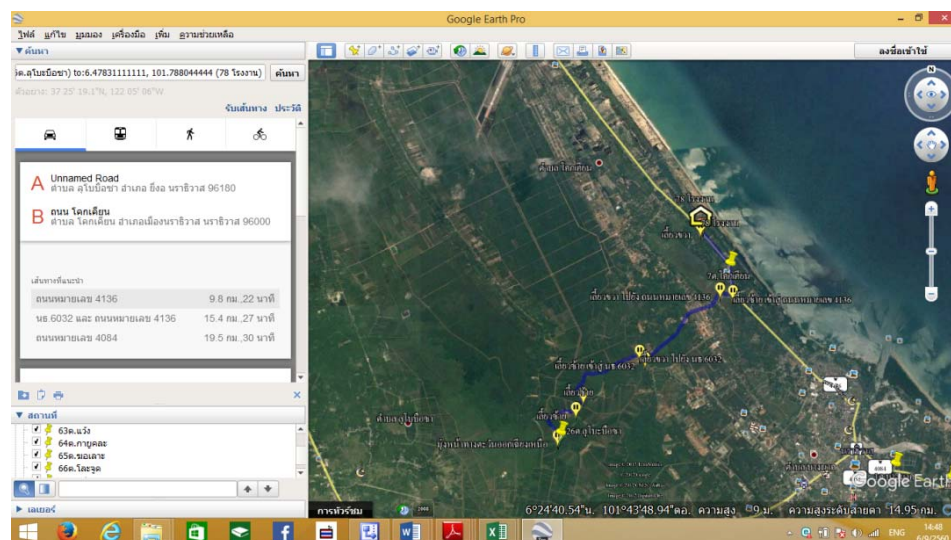
ตารางที่ 3.2 เมตริกระยะทางในการขนส่งระหว่างแหล่งปลูกปาล์มและลานเทปาล์มน้ำมัน (หน่วย: กิโลเมตร)

i/j	1	2	3	4	5	..	..	73	74	75	76	77
1	0	6.7	14.5	17.5	9.5	..	..	50.7	41.6	39.3	45.5	67.4
2	6.7	0	7.8	10.8	8.6	..	..	44	34.9	32.6	38.8	60.7
3	14.5	7.8	0	9.6	16.4	..	..	41.1	32	29.7	35.9	57.8
4	17.5	10.8	9.6	0	11.2	..	..	38	28.9	26	32.8	54.6
5	9.5	17.9	25.6	20.5	0	..	..	59.4	49.9	50.5	54.2	76.1
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
74	42.4	35.7	31.7	28.5	40.6	..	..	8.1	0	13.1	34.2	46.7
75	39.3	32.6	29.7	26	41.2	..	..	10.5	13.1	0	36.2	54.1
76	46.7	40	35.9	32.8	44.9	..	..	26.1	34.2	36.2	0	76
77	68.6	61.9	57.8	54.6	66.8	..	..	49.8	46.7	54.1	76	0

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองจิจูด ลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ตำแหน่งลานเทปาล์มน้ำมัน	ละติจูด	ลองจิจูด
1. ตำบลบางนาค	6° 25' 14.34"	101°50' 2.57"
2. ตำบลลำภู	6° 22' 44.91"	101°48' 8.45"
3. ตำบลมะนังตะยอ	6° 21' 55.03"	101°45' 36.76"
4. ตำบลบางปอ	6° 18' 13.25"	101°48' 48.04"
.....		
.....		
.....		
76. ตำบลผดุงมาตร	6° 5' 40.36"	101°44' 50.44"
77. ตำบลช้างเผือก	5° 59' 13.35"	101°34' 14.02"
78. โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สหกรณ์นิคมบาเจาะ จำกัด	6° 28' 41.92"	101°47' 16.96"
79. โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ฟาร์มตัวอย่างบ้านไอร์ปือแต	5° 59' 13.35"	101°34' 14.02"

ที่มา: ปรุฬห์ มะยะเฉียว (2555)



ภาพที่ 3.3 การหาระยะทางระหว่างตำบลลูโบ๊ะปือซา ไปโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มสหกรณ์นิคมบาเจาะ จำกัด ด้วยจากการใช้ Google earth

ตารางที่ 3.4 เมตริกระยะทางในการขนส่งระหว่างลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (หน่วย : กิโลเมตร)

j/l	1	2
1	9.1	67.4
2	14.1	60.7
3	20.7	57.8
4	24.9	54.6
5	18.6	76.1
..		
..		
..		
74	49.8	26.1
75	46.7	34.2
76	54.1	36.2
77	76	0

และในส่วนของตารางที่ 3.5 จะเป็นข้อมูลพารามิเตอร์ของปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในแต่ละรายที่นำไปใช้ในกรณีศึกษา

ตารางที่ 3.5 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่การเพาะปลูกจังหวัดนราธิวาส

ลำดับ	แหล่งปลูกปาล์มน้ำมัน	ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน (กิโลกรัมต่อวัน)
1	ตำบลบางนาค	2650
2	ตำบลลำภู	3560
3	ตำบลมะนังสะตอ	58
...		
75	ตำบลคุดชงญอ	2
76	ตำบลผดุงมาตร	0
77	ตำบลช้างเผือก	102
	รวม	233,569

ที่มา: ปรุฬห์ มะยะเฉียว (2555)

3.2.2 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย

เป็นข้อมูลในการประกอบการพิจารณาต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของความปลอดภัยในเส้นทางที่ส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันจากเกษตรกรไปยังลานเทและจากลานเทไปโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและพื้นที่ลานเทที่ได้รับการเปิด เป็นการใช้อัตราส่วนจำนวนประชากรในพื้นที่ที่อยู่ในพื้นที่และเส้นทางลำเลียงผลผลิตปาล์มผ่านที่มีความน่าจะเป็นในการเกิดระเบิดขึ้นในแต่ละเส้นทางและพื้นที่ลานเทที่ได้รับการเปิด ดังนั้นข้อมูลความน่าจะเป็นที่จะเกิดระเบิดเท่ากับ จำนวนรวมความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ซึ่งจะได้รับผลกระทบในเส้นทางที่น่าจะเกิดเหตุการณ์การระเบิด ดังตารางที่ 3.6 จะมีความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่ได้รับในเส้นทางเชื่อมต่อยระหว่างเกษตรกรไปยังลานเทที่ได้จากการคำนวณของผลรวมของจำนวนประชากรของแต่ละตำบลที่เป็นเส้นทางขนส่งหารด้วยจำนวนตำบลที่ผ่าน และในตารางที่ 3.7 จะแสดงถึงความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ระเบิดในพื้นที่เกษตรกรไปยังพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกให้เปิดลานเทปาล์มน้ำมัน จากการคำนวณผลรวมจำนวนเหตุการณ์การเกิดระเบิดของแต่ละตำบลที่เป็นเส้นทางขนส่งหารด้วยจำนวนเหตุการณ์การเกิดระเบิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 3.6 จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่ได้รับในเส้นทางเชื่อมต่อยระหว่างเกษตรกรไปยังลานเท (หน่วย: จำนวนประชากรโดยเฉลี่ย)

จำนวนประชากร	P1	P2	P3	P4	....	P74	P75	P76	P77
P1	4141.000	2182.500	1528.000	2164.600	....	619.482	692.876	566.928	558.532
P2	2182.500	224.000	221.500	206.100	....	169.747	186.924	162.166	153.770
P3	2182.500	224.000	219.000	206.100	....	169.747	186.924	162.166	153.770
P4	2182.500	224.000	221.500	188.200	....	169.747	186.924	162.166	153.770
....									
P74	566.872	169.747	162.965	171.592	....	32.330	45.470	63.135	21.155
P75	566.872	169.747	162.965	171.592	....	32.330	58.610	63.135	21.155
P76	481.085	148.365	140.802	151.685	....	45.543	48.810	52.150	36.653
P77	566.872	169.747	162.965	171.592	....	32.330	45.470	63.135	9.980

ที่มา: พรุห์ มะยะเฉียว (2555)

ตารางที่ 3.7 ความน่าจะเป็นเกิดเหตุการณ์ระเบิดพื้นที่เกษตรกรไปยังพื้นที่ลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิด

ความน่าจะเป็น	R1	R2	R3	R...	R75	R76	R77
R1	0.004	0.011	0.004	....	0.010	0.011	0.011
R2	0.016	0.004	0.016	....	0.009	0.010	0.011
R3	0.004	0.011	0.004	....	0.009	0.010	0.011
R....	....	....	....	....	....	....	....
R75	0.009	0.009	0.009	....	0.005	0.001	0.002
R76	0.008	0.008	0.008	....	0.001	0.001	0.003
R77	0.009	0.009	0.009	....	0.005	0.001	0.002

ที่มา: พรุห์ มะยะเฉียว (2555)

3.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

สำหรับปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับขั้นของกิจกรรม ปาล์มน้ำมัน ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ครอบคลุมในกิจกรรมการส่งผลผลิตของ เกษตรไปยังพื้นที่ลานเทที่ตั้งที่เหมาะสมในการรวบรวมผลผลิตในกลุ่มเกษตรกรในแต่ละราย และพื้นที่ ลานเทที่ตั้งนี้จะต้องนำผลผลิตที่ได้รับรวบรวมไว้ทั้งหมดไปส่งยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ได้ถูกกำหนดไว้ ตามสถานการณ์ปัจจุบัน 2 แห่ง โดยทำการปรับปรุงจากผลงานของ พรุห์ มะยะเฉียว (2555) ซึ่งจะ ให้ความสำคัญใน 3 ด้าน ซึ่งประกอบไปด้วย

ด้านที่ 1 จะพิจารณาต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อยที่สุด

ด้านที่ 2 เป็นการพิจารณาต้นทุนที่เกิดจากการปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ด้านที่ 3 จะให้ความสำคัญต่อต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของความปลอดภัยในเส้นทางส่งผลผลิต และการเปิดลานเทต่อการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุด

3.4 การสร้างตัวอย่างเพื่อการทดลอง

จากปัญหาที่ทำการศึกษาและพัฒนาสู่ความต่อเนื่องในการเติบโตและการส่งเสริมการเพาะปลูก ปาล์มน้ำมัน ได้สร้างตัวอย่างการทดลองให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงและข้อมูลอ้างอิงในอดีต เพื่อให้รูปแบบค่าพารามิเตอร์ของแต่ละตัวมีความแตกต่างกันออกไปเพื่อใช้ในการทดลองตามตัวแบบ คณิตศาสตร์ที่ได้ออกแบบไว้ การจำลองสถานการณ์จะใช้วิธีการเชิงตัวเลข (numerical method) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการศึกษาวิเคราะห์ระบบ รวมถึงการแก้ปัญหาของปัญหาที่ทำการศึกษด้วยการ ทดลองซ้ำ ๆ กับตัวแบบจำลองสถานการณ์ด้วยการผลิตเลขสุ่มขึ้นมา (มานพ วรภักดี, 2550: 49-88) โดยในที่นี้เราจะสร้างเลขสุ่มจากโปรแกรม Microsoft excel 2013 เลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะอยู่ใน ขอบเขตล่างและขอบเขตบนของแต่ละค่าพารามิเตอร์ และทำการทดสอบประสิทธิภาพการแจกแจง และเป็นอิสระต่อกันในชุดเลขสุ่มของแต่ละค่าพารามิเตอร์ด้วยการทดสอบความเป็นอิสระของตัวเลข ด้วยวิธีการแบบทดสอบวิง ด้วยระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ คือความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

เมื่อ H_0 โดยความจริงแล้วเป็นจริง ซึ่งเป็นความผิดพลาดแบบที่ 1 (type 1 error) ด้วยสมการดังต่อไปนี้ (มานพ วราภักดิ์, 2550: 70)

$$\mu_A = \frac{2N - 1}{3} \quad (3.15)$$

$$\sigma_A^2 = \frac{16N - 29}{90} \quad (3.16)$$

$$Z = \frac{A - \mu_A}{\sigma_A} \quad (3.17)$$

เมื่อ	A	แทนจำนวนวิ่งรวมของชุดตัวแปรสุ่ม
	N	แทนจำนวนทั้งหมดของชุดตัวแปรสุ่ม
	μ_A	เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนวิ่งรวม
	σ_A^2	เป็นค่าความแปรปรวนจำนวนวิ่งรวม
	Z	เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ ถ้า $|Z| > z_{\frac{\alpha}{2}}$ จะปฏิเสธข้อสมมติฐานที่มีค่าเป็นตัวเลขเป็นอิสระ

ตัวอย่างการทดลองที่สร้างขึ้นมาจะมีขนาดการทดลองด้วยกัน 5 ขนาด คือมีจำนวนสมาชิกของเกษตรกร(i) เท่ากับ 5 ราย, 10 ราย, 20 ราย, 50 ราย, 100 ราย และแต่ละขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองที่สร้างขึ้นมาจะมีชุดค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการตรวจสอบความเป็นอิสระแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการหาคำตอบของตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับขั้น ด้วยโปรแกรม LINGO V.11 พร้อมด้วยการทดสอบกรณีศึกษา

3.5 การหาคำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

การใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution algorithm: DE) ที่ได้จากการพัฒนามาจาก Storn and Price (1997) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดของเลขจำนวนจริง ในการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับขั้นของกิจกรรมปาล์มน้ำมัน เฉพาะในส่วนของการลำเลียงผลผลิตจากเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน และจากลานเทปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จะมีกระบวนการหาคำตอบตามวิธีการดังต่อไปนี้

3.5.1 การสร้างประชากรเริ่มต้นให้มีขนาด D-dimensional vector ของค่าประเมินจริง

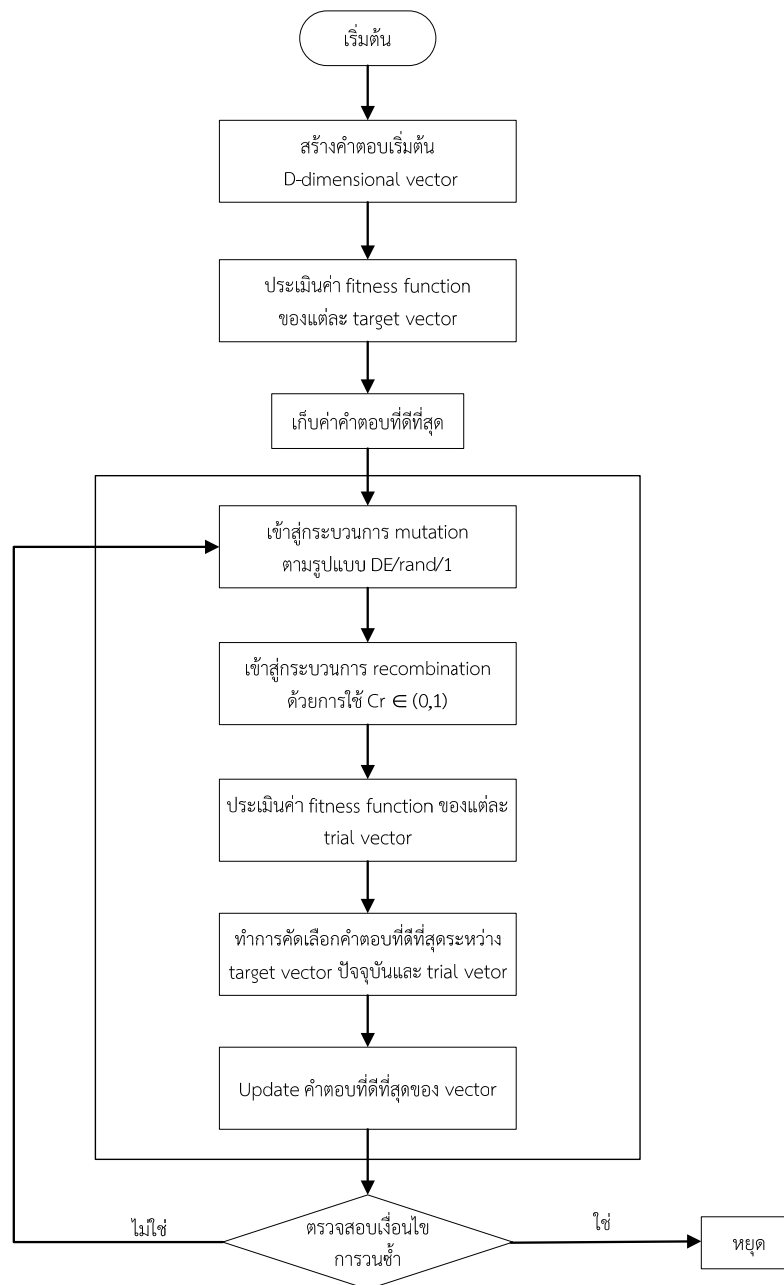
3.5.2 ประเมินค่า fitness functions หรือสมการเป้าหมายของแต่ละ target vector

3.5.3 กำหนดและเก็บค่าผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดชุดคำตอบของ target vector ที่เป็นไปได้

3.5.4 นำแต่ละ target vector เข้าสู่กระบวนการ mutation ตามสมการ DE/rand/1

3.5.5 ทำการแลกเปลี่ยนค่าพิกัดเวกเตอร์ (recombination) ด้วยการใช้ค่า $Cr \in (0,1)$ ในการแลกเปลี่ยนระหว่าง target vector ปัจจุบันและ mutant vector เพื่อให้ปรับเปลี่ยนเป็น trial vector

- 3.5.6 ประเมินค่าสมการเป้าหมายของ trial vector
- 3.5.7 ทำการเลือกค่าที่ดีที่สุดระหว่าง target vector ปัจจุบันและ trial vector
- 3.5.8 ทำการปรับค่าผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดของ vector
- 3.5.9 ตรวจสอบเงื่อนไขการวนซ้ำในการพัฒนาคำตอบ ถ้าไม่ครบเงื่อนไขการวนซ้ำให้กลับเข้าสู่กระบวนการที่ 3.5.4 – 3.5.9 จนกว่าจะครบเงื่อนไขการหยุด
- 3.5.10 แสดงผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด



ภาพที่ 3.4 แผนภาพการดำเนินงานตามกระบวนการของ DE

3.6 การวัดประสิทธิภาพคำตอบด้วยการเปรียบเทียบกับโปรแกรม LINGO V.11

จากการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามงานวิจัยที่ได้นำเสนอ โดยการใช้โปรแกรม LINGO V.11 และผลงานในการสร้างอัลกอริทึมด้วยการใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DE) ในการทดสอบตัวอย่างการทดลองที่สร้างขึ้นมาที่มีขนาดการทดลองด้วยกัน 5 ขนาด คือมีจำนวนสมาชิกของเกษตรกร(i) เท่ากับ 5 ราย 10 ราย 20 ราย 50 ราย 100 ราย แต่ละขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะมีชุดค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน และทำการทดลองกับกรณีศึกษา เพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ได้จากการสร้างโปรแกรมตามรูปแบบอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น ในแต่ละรูปแบบวิธีการเข้ารหัสและการถอดรหัสของวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยผ่านคอมพิวเตอร์การประมวลผล Intel Core i3 CPU 3.70 GHz Ram DDR4 8 GB ซึ่งการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 จะต้องไม่มีข้อบกพร่องใด ๆ เกิดขึ้น ดังภาพที่ 3.5 เป็นการนำตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาแก้ปัญหาดังกล่าวในโปรแกรม LINGO V.11 และผลลัพธ์การทำงานในภาพที่ 3.6 ใน 1 ตัวอย่างการทดลองที่มีขนาดจำนวนสมาชิกของเกษตรกร (i) เท่ากับ 5 ราย และภาพที่ 3.7 การทำงานบางส่วนของการสร้างโปรแกรมตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาด้วยวิธี DE

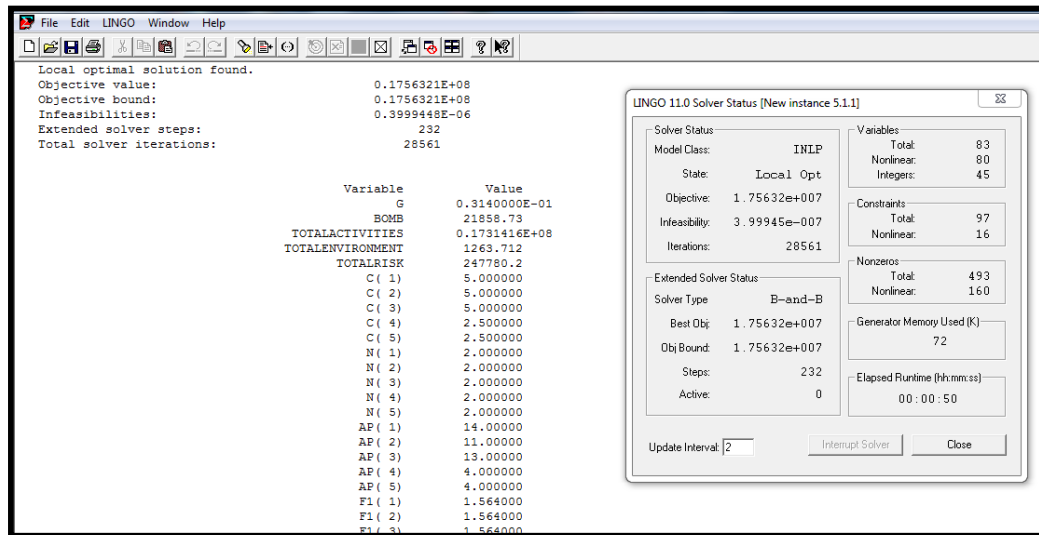
```

model:
sets:
    farmer/1..5/:c,n,Ap,f1;
    land/1..5/:Go,Trp,z,la,Ad,bu,Ov,NN,PF,Cap,V,f2;
    factory/1..2/:Fac;
    linka(farmer,land):x,d1,q,R1,Pop1;
    linkb(land,farmer):d2,R2,Pop2;
    linkc(land,factory):Qa,Go1,RR,PPO,y;
    linkd(factory,land):Go2;
endsets
data:
d1
=
0      10     24     42     58
10     0      25     44     61
.....

min=
(@sum(linka(i,j):x(i,j)*d1(i,j)*c(i)*n(i))+@sum(linkb(j,i):x(i,j)*d2(j,i)*c(i)*n(i))
+@sum(linkc(j,l):y(j,l)*Go1(j,l)*Co(j)*Trp(j))+@sum(linkd(l,j):y(j,l)*Go2(l,j)*Co(j)*Trp(j))
+@sum(land(j):z(j)*(la(j)+Ad(j)+Bu(j)+Ov(j))))

//////////
+@sum(linka(i,j):f1*x(i,j)*d1(i,j)*n(i))+@sum(linkb(j,i):f1*x(i,j)*d2(j,i)*n(i))
+@sum(linkc(j,l):f2*y(j,l)*Go1(j,l)*Trp(j))+@sum(linkd(l,j):f2*y(j,l)*Go2(l,j)*Trp(j))
//////////
+@sum(linka(i,j):Bomb*g*x(i,j)*R1(i,j)*Pop1(i,j)*n(i))+@sum(linkb(j,i):Bomb*g*x(i,j)*R2(j,i)*Pop2(j,i)*n(i))
+@sum(linkc(j,l):Bomb*2*g*y(j,l)*RR(j,l)*PPO(j,l)*Trp(j))
+@sum(land(j):Bomb*g*NN(j)*PF(j)*Z(j));
  
```

ภาพที่ 3.5 การใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหาด้วยการใช้โปรแกรม LINGO V.11



ภาพที่ 3.6 ผลลัพธ์จากการทำงานตามตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา



ภาพที่ 3.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานโปรแกรมตามอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาด้วยวิธี DE

จากการทดลองและการแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้จะใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม LINGO V.11 เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพในการหาคำตอบของอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมา เมื่อผลงานในภาพรวมเป็นที่พึงพอใจแล้วผู้วิจัยจึงจะสรุปและจัดทำรูปแบบการวิจัยต่อไป

3.7 บทสรุป

จากขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนงานข้างต้น ตามกรอบการวิจัยทั้งหมดแล้วรวบรวมผลงานทั้งหมด จัดทำรูปเล่มตามรูปแบบวิทยานิพนธ์ และนำผลงานที่ได้จากการทดลองออกเผยแพร่ในวารสารวิชาการ

จากขั้นตอนแผนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware) ประสิทธิภาพการประมวลผล Intel Core i3 CPU 3.70 GHz Ram DDR4 8 GB ทำงานบนโปรแกรมระบบปฏิบัติการ Window 8.1 Pro และนอกจากนั้นได้ใช้งานโปรแกรม Dev C++ และ LINGO V.11 เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้เพื่อการแก้ปัญหางานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นโปรแกรมเป็นที่ยอมรับในการวิจัยเกี่ยวกับการหาค่าคำตอบกันอย่างมาก

บทที่ 4

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง และการจัดสรรงาน ที่มีหลายระดับชั้นและผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO

ในบทนี้จะกล่าวถึงตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้น ต่อการส่งเสริมการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนในสภาวะความเสี่ยงต่อการก่อเหตุวินาศกรรม ซึ่งประกอบไปด้วยการให้ความสำคัญต่อต้นทุนที่เกิดขึ้นใน 3 ด้านและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ครอบคลุมไปถึงนิยามของดัชนีที่ใช้ตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อสถานการณ์ที่ไม่ปกติ โดยเฉพาะพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย ซึ่งตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาและปรับปรุงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้นำไปประยุกต์ต่อสถานการณ์ที่ไม่ปกติต่อสภาวะความเสี่ยงที่อาจจะเกิดเหตุการณ์ขึ้นได้ อย่างเช่น พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อภัยพิบัติแผ่นดินไหว หรือการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เกี่ยวข้องกับวัตถุอันตราย เป็นต้น นอกจากนี้เราได้ทำการทดลองปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้โปรแกรม LINGO V.11 ทดสอบกับการจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมาเช่นเดียวกับการฝึกศึกษาแต่มีเงื่อนไขและสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป

4.1 ดัชนี

- i คือเกษตรกรที่ปลูกปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่รายที่ 1,2,...,n ราย สามารถให้ผลผลิตแต่ละวันในปริมาณคงที่
- j คือตำแหน่งพื้นที่ที่ตั้งเปิดลานเทจะมีจำนวนเท่ากับเกษตรกรที่ได้รับการคัดเลือกให้ทำหน้าที่เปิดลานเทรับผลผลิตปาล์มน้ำมัน
- l โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กำหนดให้ $l = 1,2,...,n$ แห่ง

4.2 ตัวแปรที่ทราบค่า

- d_{ij} คือระยะทางระหว่างการส่งสินค้าของเกษตรกรรายที่ i ไปยังลานเท j (กม.)
- Go_{jl} คือระยะทางการส่งผลผลิตรวมของลานเท j ไปยัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม l (กม.)
- n_i คือจำนวนรอบการส่งผลผลิตของเกษตรกร i ที่ได้จากการคำนวณต้นทุนขนส่งต่ำสุดในการกำหนดขนาดยานพาหนะที่เหมาะสมกับปริมาณผลผลิตที่มีอยู่ (เที่ยวรถ)
- Ap_i คือปริมาณผลผลิตปาล์มที่เกษตรกร i ที่สามารถส่งได้ในแต่ละวัน (กิโลกรัม)
- c_i คือต้นทุนเชื้อเพลิงขนส่งตามที่ได้กำหนดยานพาหนะให้เกษตรกร i (บาท/กม.)
- Co_j คือต้นทุนเชื้อเพลิงขนส่งตามที่ได้กำหนดยานพาหนะให้ลานเท j (บาท/กม.)
- la_j คือราคาประเมินที่ดินจำนวน 2 ไร่ ของตำแหน่งพื้นที่ที่ตั้งลานเท j (บาท)
- Ad_j คือต้นทุนเหมารวมทั้งหมดในการปรับพื้นที่ในลานเท j ที่เปิด (บาท)
- Bu_j คือต้นทุนค่าใช้จ่ายในสิ่งปลูกสร้างลานเท j ที่เปิด (บาท)
- ov_j คือค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในการดำเนินการเปิดลานเท j (บาท)

$f1_i$	คือระดับอัตราค่าธรรมเนียมเชื้อเพลิงที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงของยานพาหนะเกษตรกร i (บาท/กม.)
$f2_j$	คือระดับอัตราค่าธรรมเนียมเชื้อเพลิงที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงของยานพาหนะลานเท j (บาท/กม.)
R_{ij}	คือความน่าจะเป็นที่จะเกิดระเบิดระหว่างแหล่งเพาะปลูกเกษตรกร i ไปยังลานเท j
Pop_{ij}	คือความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยในแถบเส้นทางการขนส่งระหว่างเกษตร i ไปยังลานเท j ที่เสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม
RR_{jl}	คือความน่าจะเป็นที่จะเกิดระเบิดระหว่างลานเท j ไปยังโรงงาน l
PPO_{jl}	คือความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยในแถบเส้นทางการขนส่งระหว่างลานเท j ไปยังโรงงาน l ที่เสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม
NN_j	คือความน่าจะเป็นที่จะเกิดระเบิด ณ ลานเท j ที่เปิด
PP_j	คือความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย ณ ลานเท j ที่เปิดและเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม
Cap_j	คือความสามารถของลานเท j ที่รับผลผลิตปาล์มได้ในปริมาณที่จำกัด (กิโลกรัม)
V_j	คือข้อจำกัดการบรรทุกของยานพาหนะลานเท j สามารถส่งได้ไม่เกินที่กำหนด (กิโลกรัม)
Fac_l	คือความสามารถของโรงงาน l ที่สามารถรับผลผลิตปาล์มในการผลิตได้ในแต่ละวัน ไม่เกินที่กำหนด (กิโลกรัม)
Trp_j	คือจำนวนรอบที่เกิดขึ้นในการรวบรวมผลผลิตของลานเท j ไปยังโรงงาน l (เที่ยวรถค่าจำนวนเต็ม)
g	คือรัศมีของแรงระเบิดที่มีผลกระทบต่อประชากร มีรัศมีที่ 0.1 กม. ด้วยสูตรพื้นที่ที่มีผลกระทบ πr^2
M	คือปริมาณสูงสุดของผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ส่ง
$Bomb$	คือค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการชดเชยในการรักษาพยาบาลในจังหวัดนราธิวาส (บาท)

4.3 ตัวแปรตัดสินใจ

q_{ij}	คือปริมาณผลผลิตปาล์มเกษตรกรรายที่ i ที่มีอยู่ ทำการส่งไปยังลานเท j
Qa_{jl}	คือปริมาณการรวบรวมผลผลิตปาล์มน้ำมันของลานเท j ที่เปิด ทำการส่งไปยังโรงงาน l
$x_{ij} =$	$\begin{cases} 1 & \text{ถ้าเกษตรกร } i \text{ ส่งผลผลิตไปยังลานเท } j \\ 0 & \text{กรณีอย่างอื่น} \end{cases}$
$z_j =$	$\begin{cases} 1 & \text{ถ้าลานเท } j \text{ ได้รับมอบหมายให้เปิด} \\ 0 & \text{กรณีอย่างอื่น} \end{cases}$

$$y_{jl} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลานเท } j \text{ ส่งผลปาล์มไปยังโรงงาน } l \\ 0 & \text{กรณีอย่างอื่น} \end{cases}$$

4.4 สมการเป้าหมาย

ต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อย ต้นทุนที่เกิดจากการปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการลดภัยในเส้นทางส่งผลผลิตและการเปิดลานเทต่อการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}(d_{ij} + d_{ji})c_i n_i + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L y_{jl}(Go_{jl} + Go_{lj})Co_j Trp_j \\ & + \sum_{j=1}^J z_j(la_j + Ad_j + Bu_j + Ov_j) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J f1_i x_{ij}(d_{ij} + d_{ji})n_i \\ & + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L f2_j y_{jl}(Go_{jl} + Go_{lj})Trp_j + [Bomb(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J ((R_{ij}Pop_{ij}) + \\ & (R_{ji}Pop_{ji}))gx_{ij}n_i + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L 2(RR_{jl}gPPO_{jl}y_{jl}Trp_j) + \sum_{j=1}^J NN_j PP_j gz_j)] \end{aligned} \quad (4.1)$$

4.5 สมการข้อบ่งชี้

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} = 1 \quad \forall_i \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ij} = Ap_i \quad \forall_i \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} q_{ij} \leq Cap_j \quad \forall_j \quad (4.4)$$

$$q_{ij} \leq Mx_{ij} \quad \forall_{i,j} \quad (4.5)$$

$$\sum_{j=1}^J z_j \geq 1 \quad (4.6)$$

$$x_{ij} \leq z_j \quad \forall_{i,j} \quad (4.7)$$

$$\sum_{l=1}^L y_{jl} \leq 1 \quad \forall_j \quad (4.8)$$

$$Qa_{jl} \leq My_{jl} \quad \forall_{i,j} \quad (4.9)$$

$$\sum_{j=1}^J y_{jl} Qa_{jl} \leq Fac_l \quad \forall_l \quad (4.10)$$

$$Trp_j \geq \frac{\sum_{i=1}^I q_{ij} z_j}{V_j} \quad \forall_j, Integer \quad (4.11)$$

$$\sum_{l=1}^L Qa_{jl} = \sum_{i=1}^I q_{ij} \quad \forall_j \quad (4.12)$$

สมการเป้าหมาย (4.1) จะประกอบไปด้วย 8 พจน์ พจน์ที่หนึ่งจะแสดงถึงต้นทุนรวมกิจกรรมการขนส่งผลผลิตของเกษตรกร i ไปยังลานเท j พจน์ที่สองจะแสดงถึงต้นทุนกิจกรรมการขนส่งจากการรวบรวมผลผลิตของลานเท j ไปยังโรงงาน l พจน์ที่สามจะเป็นต้นทุนในด้านการลงทุนที่ดิน ค่าปรับแต่งพื้นที่ สิ่งปลูกสร้างและค่าใช้จ่ายอื่นในการดำเนินงาน ซึ่งทั้งสามพจน์แรกนี้จะพิจารณาในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อยสุด และพจน์ที่สี่จะบ่งบอกถึงกิจกรรมการขนส่งผลผลิตของเกษตรกร i ไปยังลานเท j และพจน์ที่ห้าจะบอกถึงการขนส่งจากการรวบรวมผลผลิตของลานเท j ไปยังโรงงาน l โดยทั้งพจน์ที่สี่และพจน์ที่ห้าจะให้ความสำคัญต่ออัตราค่าธรรมเนียมเชื้อเพลิงที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีค่าใช้จ่ายทั้งสองช่วงการขนส่งในการดำเนินกิจกรรมน้อยสุด และพจน์ที่หกถึงพจน์ที่แปด จะให้ความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายในด้านความปลอดภัย ซึ่งพจน์ที่หกจะแสดงถึงความน่าจะเป็นระดับความปลอดภัยในกิจกรรมการขนส่งผลผลิตของเกษตรกร i ไปยังลานเท j และพจน์ที่เจ็ดจะแสดงถึงความน่าจะเป็นระดับความปลอดภัยในกิจกรรมการขนส่งจากการรวบรวมผลผลิตของลานเท j ไปยังโรงงาน l และพจน์สุดท้ายจะแสดงถึงความน่าจะเป็นระดับความปลอดภัยที่จะเกิดการระเบิดพื้นที่ลานเทที่เปิด

สมการข้อบ่งชี้ที่ (4.2) เกษตรกรทุกรายจะได้รับการส่งผลผลิตไปยังลานเท สมการที่ (4.3) เกษตรกรแต่ละรายจะส่งปริมาณผลผลิตปาล์มที่มีอยู่ทั้งหมดไปยังลานเท j เพียงแห่งเดียว สมการที่ (4.4) ปริมาณผลผลิตรวมที่เกษตรกร i ไปส่งแต่ละรายจะต้องไม่เกินขีดความสามารถของลานเท j สมการที่ (4.5) ถ้าไม่มีการส่งผลผลิตปาล์มของเกษตรกร i ไปยังลานเท j ($x_{ij} = 0$) แล้วปริมาณที่จะส่งต้องเท่ากับ 0 ($q_{ij} = 0$) สมการที่ (4.6) เป็นแจ้งให้รับทราบว่าลานเท j สามารถเปิดได้มากกว่า 1 แห่ง สมการที่ (4.7) ถ้ามีการเปิดลานเท j จะต้องมีการส่งผลผลิตของเกษตรกร i ไปยังลานเท j

ที่เปิด สมการที่ (4.8) ลานที่เปิดจะต้องส่งผลปาล์มทั้งหมดไปยังโรงงาน l สมการที่ (4.9) ถ้าไม่มีการส่งผลผลิตปาล์มที่ได้รับรวบรวมของลาน j ไปยังโรงงาน l ($y_{jl} = 0$) แล้วปริมาณที่จะส่งต้องเท่ากับ 0 ($Qa_{jl} = 0$) สมการที่ (4.10) ปริมาณผลผลิตรวมจากลาน j ที่เปิดจะส่งไปโรงงาน l ต้องไม่เกินขีดความสามารถในการผลิตต่อวัน สมการที่ (4.11) ข้อจำกัดจำนวนรอบขนส่งผลผลิตจากลาน j ไปยังโรงงาน l และสมการสุดท้าย (4.12) เป็นการส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้รับรวบรวมของลาน j ทั้งหมดส่งต่อไปยังโรงงาน l ได้เพียงแห่งเดียว

ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง เราได้กำหนดประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง 3 ชนิดด้วยกัน ตามที่ได้ระบุไว้ในขอบเขตของงานวิจัย บทที่ 1 โดยเราอ้างอิงอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละชนิดมาจากผลงานวิจัยของ ทรรดิน ศรีวรพงศ์ (2559)

รถบรรทุก 4 ล้อ มีอัตราการสิ้นเปลือง 8.0 กิโลเมตร/ลิตร

รถบรรทุก 6 ล้อ มีอัตราการสิ้นเปลือง 5.0 กิโลเมตร/ลิตร

รถบรรทุก 10 ล้อ มีอัตราการสิ้นเปลือง 3.2 กิโลเมตร/ลิตร

และอัตรา emission factor อ้างอิงจากวารสารร่วมพฤษภาคม ปี 27 ฉบับที่ 1 ต.ค. 2551- มกราคม 2552 หน้า 47 ที่ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในช่วงปี 2551 – 2570 จากการพิจารณาอัตราค่าใช้จ่ายต่อการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงของฟอสซิล โดยกำหนดได้ทำการแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

ดีเซล คิดที่ 6.08 – 7.36 บาท/ลิตร

เบนซิน คิดที่ 4.91 – 5.95 บาท/ลิตร

ก๊าซ LPG คิดที่ 3.80 – 4.60 บาท/ลิตร

ดังนั้นค่า emission factor ของยานพาหนะที่ใช้ในกิจกรรมครั้งนี้เราจะพิจารณาในอัตราสูงสุดของประเภทการเลือกใช้เชื้อเพลิง โดยในที่นี้ยานพาหนะส่วนใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงดีเซลเป็นหลักในการขนส่งและจะมีค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

รถบรรทุก 4 ล้อ คิดในอัตราค่าใช้จ่าย 0.92 บาท/กิโลเมตร

รถบรรทุก 6 ล้อ คิดในอัตราค่าใช้จ่าย 1.47 บาท/กิโลเมตร

รถบรรทุก 10 ล้อ คิดในอัตราค่าใช้จ่าย 2.30 บาท/กิโลเมตร

และค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับด้านความปลอดภัย เราจะใช้ค่าเฉลี่ยจากรายงานค่าใช้จ่ายในการรักษาของสถานพยาบาลในจังหวัดนราธิวาส ไตรมาสที่ 1 ปีงบประมาณ 2554 เป็นตัวกำหนด ค่าใช้จ่ายชดเชยมูลค่าความเสียหายที่อาจเกิดจากการก่อเหตุวินาศกรรมเท่ากับ 21,858.73 บาท ที่จะต้องนำไปคูณในสมการเป้าหมายพจน์ที่ 6 ถึง พจน์ที่ 8 ของกิจกรรมด้านความปลอดภัย

4.6 การทดสอบการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO V.11

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามงานวิจัยที่ได้นำเสนอโดยใช้โปรแกรม LINGO V.11 เพื่อทำการวิเคราะห์และทดสอบตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมา ซึ่งการทดสอบครั้งนี้ เราได้สร้างตัวอย่างการทดลองที่มีขนาดการทดลองด้วยกัน 5 ขนาด โดย n คือ ขนาดของเกษตรกร กำหนดให้ n มีค่าเท่า 5, 10, 20, 50 และ

100 ตามลำดับ และแต่ละขนาดของจำนวนเกษตรกรจะมีค่าพารามิเตอร์ที่ความแตกต่าง 5 ชุด จำนวนโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะกำหนดให้มี 1, 2, 3, 5 ตามลำดับ ตัวอย่างการทดลองครั้งนี้จะมีทั้งการกำหนดให้ในกรณีที่มีขนาด capacity ของแต่ละลานเทที่เท่ากันทุกจุด และโรงงานในแต่ละจำนวนโรงงานที่กำหนดให้มีขนาด capacity เท่ากัน และอีกกรณีหนึ่งในตัวอย่างการทดลองจะกำหนดให้แต่ละลานเทมีขนาด capacity ไม่เท่ากัน และโรงงานในแต่ละโรงงานที่กำหนดมี capacity ที่ไม่เท่ากันโดยกำหนดให้ capacity ของลานเทอยู่ในช่วง [20 - 500] และ capacity ของโรงงานอยู่ในช่วง [35 - 1,000] ผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยการประมวลผล Intel Core i3 CPU 3.70 GHz Ram DDR4 8 GB ดังผลลัพธ์ที่แสดงในแต่ละชุดและแต่ละกรณี ในตารางที่ 4.1 – 4.25

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.1 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิกเกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละโรงงาน	จำนวนโรงงานที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวนลานเทที่เปิด	จำนวนโรงงานที่รับผลผลิต	ผลลัพธ์คำตอบรวม (บาท)	สถานะคำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 5.1.1	5	20	35	2	3	2	17,563,210	Local opt.	00:00:38
Ins. 5.1.2	5	[20 - 50]	[35 - 50]	2	1	1	6,180,076	Local opt.	00:00:06
Ins. 5.1.3	5	[20 - 50]	[35 - 50]	3	1	1	6,215,495	Local opt.	00:00:31

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.2 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิกเกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละโรงงาน	จำนวนโรงงานที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวนลานเทที่เปิด	จำนวนโรงงานที่รับผลผลิต	ผลลัพธ์คำตอบรวม (บาท)	สถานะคำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 5.2.1	5	20	35	2	3	2	17,756,540	Local opt.	00:00:54
Ins. 5.2.2	5	[20 - 50]	[35 - 50]	2	2	2	11,780,130	Local opt.	00:00:14
Ins. 5.2.3	5	[20 - 50]	[35 - 50]	3	2	2	11,780,010	Local opt.	00:00:24

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.3 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิกเกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละโรงงาน	จำนวนโรงงานที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวนลานเทที่เปิด	จำนวนโรงงานที่รับผลผลิต	ผลลัพธ์คำตอบรวม (บาท)	สถานะคำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 5.3.1	5	20	35	2	3	2	17,481,870	Local opt.	00:00:49
Ins. 5.3.2	5	[20 - 50]	[35 - 50]	2	2	2	11,686,020	Local opt.	00:00:20
Ins. 5.3.3	5	[20 - 50]	[35 - 50]	3	2	2	11,686,020	Local opt.	00:00:41

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.4 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่ รับผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 5.4.1	5	20	35	2	3	2	17,419,180	Local opt.	00:00:42
Ins. 5.4.2	5	[20 – 50]	50	1	1	1	5,892,762	Local opt.	00:00:04
Ins. 5.4.3	5	[20 – 50]	[35 – 50]	3	1	1	5,892,012	Local opt.	00:00:01

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 5.5 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่ รับผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 5.5.1	5	20	35	2	4	2	23,137,570	Local opt.	00:03:03
Ins. 5.5.2	5	[20 – 50]	[35 – 50]	3	2	2	11,572,710	Local opt.	00:00:43
Ins. 5.5.3	5	[20 – 50]	[35 – 50]	5	2	2	11,558,210	Local opt.	00:01:02

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 10.1 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง:นาที: วินาที)
Ins. 10.1.1	10	30	50	2	4	2	23,165,420	Local opt.	129:39:20
Ins. 10.1.2	10	[30–100]	[50–100]	2	2	2	11,830,830	Local opt.	00:04:58
Ins. 10.1.3	10	[30–100]	[50–100]	3	1	1	6,614,473	Local opt.	00:01:36

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 10.2 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์คำตอบ รวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 10.2.1	10	30	50	2	4	2	23,223,900	Local opt.	10:10:33
Ins. 10.2.2	10	[30–100]	100	1	1	1	6,331,655	Local opt.	00:01:08
Ins. 10.2.3	10	[30–100]	[50–100]	3	1	1	6,299,044	Local opt.	00:04:28

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์การทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ 10.3 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 10.3.1	10	30	50	2	4	2	23,223,900	Local opt.	20:23:26
Ins. 10.3.2	10	[30-100]	[50-100]	2	1	1	6,301,195	Local opt.	00:01:31
Ins. 10.3.3	10	[30-100]	100	1	1	1	6,301,195	Local opt.	00:01:33

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 10.4 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 10.4.1	10	30	50	2	4	2	23,121,100	Local opt.	10:16:11
Ins. 10.4.2	10	[30-100]	[50-100]	3	1	1	6,219,999	Local opt.	00:03:24
Ins. 10.4.3	10	[30-100]	[50-100]	5	1	1	6,235,988	Local opt.	00:06:25

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 10.5 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 10.5.1	10	30	50	2	4	2	23,077,430	Local opt.	00:14:49
Ins. 10.5.2	10	[30-100]	[50-100]	2	2	2	11,636,140	Local opt.	00:02:37
Ins. 10.5.3	10	[30-100]	[50-100]	3	2	2	11,629,100	Local opt.	00:17:24

ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.1 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 20.1.1	20	40	100	2	6	2	34,702,830	feasible	250:10:54
Ins. 20.1.2	20	[40-200]	200	1	1	1	7,237,587	Local opt.	00:13:45
Ins. 20.1.3	20	[40-200]	[100-200]	5	1	1	7,104,714	Local opt.	00:10:50

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.2 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง:นาที: วินาที)
Ins. 20.2.1	20	40	100	2	6	2	34,803,430	feasible	250:02:17
Ins. 20.2.2	20	[40-200]	[100-200]	2	2	2	11,993,320	Local opt.	00:50:20
Ins. 20.2.3	20	[40-200]	[100-200]	3	1	1	6,734,272	Local opt.	00:15:42

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.3 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง:นาที: วินาที)
Ins. 20.3.1	20	40	100	2	6	2	34,734,070	feasible	249:38:01
Ins. 20.3.2	20	[40-200]	[100-200]	3	1	1	6,893,525	Local opt.	00:29:51
Ins. 20.3.3	20	[40-200]	[100-200]	5	1	1	7,163,715	Local opt.	00:28:35

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.4 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชม:นาที: วินาที)
Ins. 20.4.1	20	40	100	2	4	2	23,229,770	Local opt.	00:17:14
Ins. 20.4.2	20	[40-200]	[100-200]	2	1	1	6,577,674	Local opt.	00:29:34
Ins. 20.4.3	20	[40-200]	[100-200]	5	1	1	6,540,678	Local opt.	00:07:56

ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 20.5 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 20.5.1	20	40	100	2	6	2	34,678,380	feasible	249:54:19
Ins. 20.5.2	20	[40-200]	200	1	1	1	6,848,688	Local opt.	00:10:36
Ins. 20.5.3	20	[40-200]	[100-200]	5	1	1	6,915,685	Local opt.	00:21:24

ตารางที่ 4.16 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.1 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 50.1.1	50	120	250	2	4	2	23,672,990	feasible	250:20:17
Ins. 50.1.2	50	500	500	2	1	1	7,922,536	Local opt.	00:49:36
Ins. 50.1.3	50	[120-500]	[250-500]	5	1	1	8,103,295	Local opt.	03:49:06

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.2 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง:นาที: วินาที)
Ins. 50.2.1	50	120	250	2	6	2	35,007,000	feasible	250:35:43
Ins. 50.2.2	50	500	500	2	1	1	7,914,427	Local opt.	90:15:17
Ins. 50.2.3	50	[120-500]	500	1	2	1	8,644,441	Local opt.	73:06:53

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.3 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง:นาที: วินาที)
Ins. 50.3.1	50	120	250	2	4	2	23,617,440	feasible	250:41:12
Ins. 50.3.2	50	[120-500]	[250-500]	2	1	1	8,535,327	Local opt.	20:21:59
Ins. 50.3.3	50	[120-500]	[250-500]	5	1	1	7,857,692	Local opt.	05:44:09

ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.4 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง:นาที: วินาที)
Ins. 50.4.1	50	120	250	2	4	2	23,669,640	feasible	250:47:30
Ins. 50.4.2	50	500	500	2	1	1	8,071,746	Local opt.	01:06:40
Ins. 50.4.3	50	[120-500]	[250-500]	5	1	1	8,046,561	Local opt.	17:46:25

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 50.5 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 50.5.1	50	120	250	2	5	2	29,299,820	feasible	250:55:11
Ins. 50.5.2	50	500	500	2	1	1	7,920,928	Local opt.	01:35:00
Ins. 50.5.3	50	[120-500]	500	1	1	1	8,208,933	Local opt.	00:04:34

ตารางที่ 4.21 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.1 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 100.1.1	100	120	600	2	8	2	48,952,380	feasible	245:17:09
Ins. 100.1.2	100	[120-500]	1,000	1	3	1	19,736,330	feasible	150:03:49
Ins. 100.1.3	100	[120-500]	[600-1,000]	3	4	2	26,240,320	Local opt.	09:15:26

ตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.2 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 100.2.1	100	120	600	2	9	2	54,442,200	feasible	245:26:38
Ins. 100.2.2	100	500	1,000	2	2	1	14,178,920	Feasible	214:34:46
Ins. 100.2.3	100	[120-500]	[600-1,000]	3	2	2	14,759,630	feasible	241:35:33

ตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.3 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวนสมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity ของแต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 100.3.1	100	120	600	2	8	2	47,448,990	feasible	245:35:14
Ins. 100.3.2	100	500	1,000	2	2	1	14,866,350	feasible	241:22:24
Ins. 100.3.3	100	[120-500]	[600-1,000]	2	3	1	19,234,230	feasible	241:30:06

ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.4 ด้วย LINGO V.11

instance	จำนวน สมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละ โรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 100.4.1	100	120	600	2	8	2	47,786,900	feasible	245:34:49
Ins. 100.4.2	100	[120-500]	1,000	1	3	1	19,194,060	feasible	241:40:42
Ins. 100.4.3	100	[120-500]	[600-1,000]	3	3	2	18,759,300	Feasible	241:57:37

ตารางที่ 4.25 ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ 100.5 ด้วย LINGO V.11

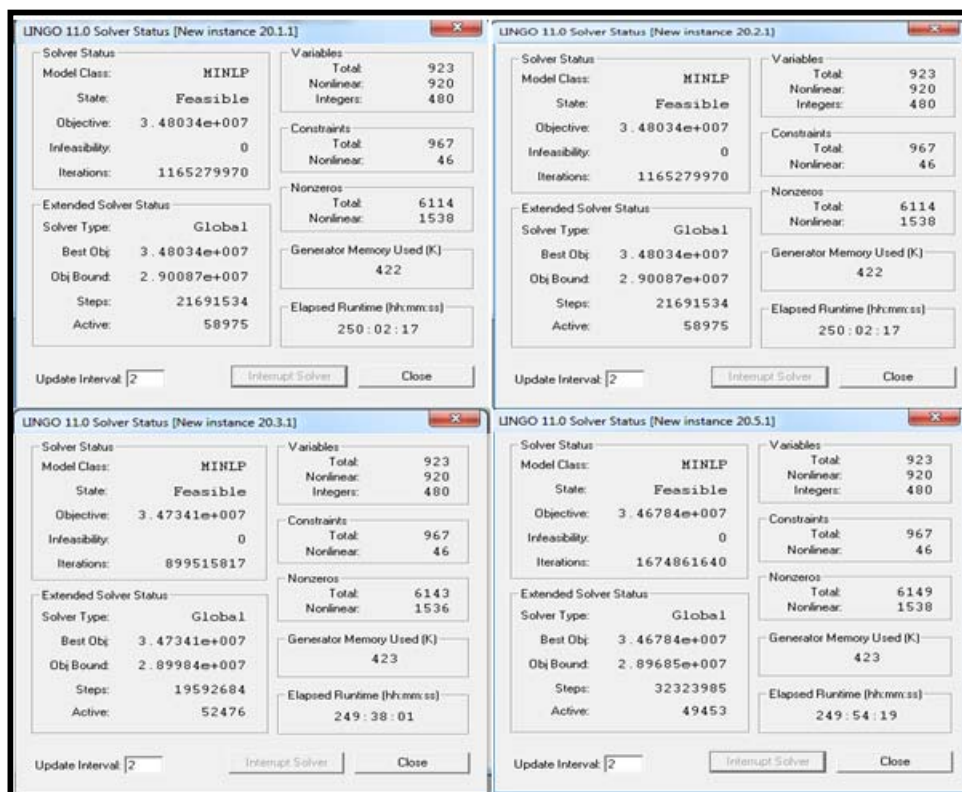
instance	จำนวน สมาชิก เกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของ แต่ละโรงงาน	จำนวน โรงงาน ที่ตั้ง	ผลลัพธ์คำตอบ				
					จำนวน ลานเทที่ เปิด	จำนวน โรงงานที่รับ ผลผลิต	ผลลัพธ์ คำตอบรวม (บาท)	สถานะ คำตอบ	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง: นาที:วินาที)
Ins. 100.5.1	100	120	600	2	9	2	54,959,840	feasible	245:39:33
Ins. 100.5.2	100	[120-500]	[600-1,000]	3	3	2	19,216,460	feasible	202:19:56
Ins. 100.5.3	100	[120-500]	[600-1,000]	5	3	3	19,107,460	feasible	202:17:50

4.7 สรุปผลการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO V.11

จากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามงานวิจัยที่ได้นำเสนอของตัวอย่างการทดลองที่มีขนาดการทดลองที่แตกต่างกัน 5 ขนาด ตัวอย่างการทดลองและแต่ละขนาดตัวอย่างการทดลองก็มีค่าพารามิเตอร์แตกต่างกัน รวมทั้งการกำหนดขนาด capacity ของลานเท การกำหนดจำนวนการเปิดโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันและกำหนดขนาด capacity ของโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันที่มีความแตกต่างกัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม LINGO V.11 ของแต่ละตัวอย่างการทดลอง พบว่าทุกเงื่อนไขในแต่ละสมการเป็นจริง สามารถแสดงผลคำตอบ ถึงแม้ว่าเราจะมีการปรับเปลี่ยนการกำหนดค่า capacity ของแต่ละลานเท โรงงานและจำนวนโรงงานที่ตั้ง ดังผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นในแต่ละตารางที่ 4.1- 4.25 จากตัวอย่างการทดลองที่มีจำนวนเกษตรกร 5 – 10 ราย จะให้คำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) แม้ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนค่า capacity ของลานเท โรงงาน และจำนวนโรงงานที่ตั้ง เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบด้วยโปรแกรม LINGO V.11 ของจำนวนเกษตรกร 5 ราย ของทุก ๆ สถานการณ์ที่สร้างขึ้นของตัวอย่างการทดลองดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1 – 4.5 จะมีค่าเฉลี่ยของเวลาในการหาคำตอบเท่ากับ 40 วินาที และตัวอย่างการทดลองที่ Ins.5.4.3 ในตารางที่ 4.4 ใช้เวลาเร็วสุดในการหาคำตอบโดยใช้เวลาเพียง 1 วินาทีเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตัวอย่างการทดลองที่ Ins.5.4.3 นี้ ได้แสดงใน ภาคผนวก ก ในส่วนของตัวอย่างการทดลองที่มีจำนวนเกษตรกร 10 ราย ดังที่แสดงในตารางที่ 4.6 – 4.10 ซึ่งก็ให้คำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) เช่นเดียวกัน แต่เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบก็ระยะเวลาที่นานขึ้นโดยเวลาของตัวอย่างการทดลองที่ Ins.10.1.1 จะใช้เวลา 129: 39: 20 (ชั่วโมง: นาที: วินาที) นานที่สุดในชุดตัวอย่างทดลองที่มีจำนวนเกษตรกร 10 ราย ซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจากการกำหนดขีดความสามารถ

capacity ของแต่ละลานเทและโรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังแสดงให้เห็นในตัวอย่างการทดลองที่ Ins.10.2.1, Ins.10.3.1, Ins.10.4.1 และ Ins.10.5.1 ของแต่ละตารางที่ 4.6–4.10 ตามลำดับ แต่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า capacity ของลานเท โรงงาน และจำนวนโรงงานที่ตั้งของแต่ละชุดตัวอย่างการทดลองดังที่ได้แสดงไว้ ดังเช่นตารางที่ 4.6 เป็นชุดตัวอย่างการทดลองที่ 10.1 ได้จำลองสถานการณ์ไว้เป็น 3 สถานการณ์ ซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า capacity ของลานเท โรงงาน และจำนวนโรงงานที่ตั้ง ให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นก็สามารถลดเวลาในการหาคำตอบได้เร็วมากขึ้น

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนเกษตรกรเป็น 20 ราย ดังที่แสดงในตารางที่ 4.11 – 4.15 ก็มีเพียงตัวอย่างทดลองตารางที่ 4.14 ที่สามารถให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) ได้ทั้งหมดในเพียงหนึ่งชุดตัวอย่าง และในบางส่วนของให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) ของตารางที่ 4.11, 4.12, 4.13 และ 4.15 ที่ได้แสดงให้เห็นจะเป็นตัวอย่างการทดลองที่ Ins.20.1.2, Ins.20.1.3, Ins.20.2.2, Ins.20.2.3, Ins.20.3.2, Ins.20.3.3, Ins.20.5.2 และ Ins.20.5.3 และในส่วนของ Ins.20.1.1, Ins.20.2.1, Ins.20.3.1 และ Ins.20.5.1 ไม่สามารถแสดงผลคำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) ได้ แต่สามารถแสดงผลคำตอบที่มีความเป็นไปได้ (feasible solution) ในการทำงานของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามงานวิจัย ต่อจากนั้นทำการหยุดเวลาการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 จากการสังเกตการวนซ้ำในการหาคำตอบของโปรแกรมมากกว่า 10^6 รอบการทำงานวนซ้ำหาคำตอบของโปรแกรม และการพัฒนาหาคำตอบของโปรแกรมได้ใช้เวลามากกว่า 200 ชั่วโมงการทำงานของโปรแกรม เพื่อให้ผลลัพธ์คำตอบของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่แสดงในสถานะคำตอบ feasible solution แสดงผลลัพธ์คำตอบที่มีความเป็นไปได้ ณ ช่วงเวลาที่หยุดทำการหาคำตอบด้วยโปรแกรม ก็สามารถแสดงผลจำนวนลานเทที่เปิด รูปแบบการตัดสินใจส่งผลผลิตของเกษตรกรไปยังลานเท และลานเทรวบรวมผลผลิตส่งต่อไปยังโรงงาน ดังภาพที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์คำตอบของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ได้แสดงสถานะคำตอบ feasible ของตารางที่ 4.11, ตารางที่ 4.12 ตารางที่ 4.13 และ ตารางที่ 4.15 การที่ตัวอย่างการทดลองอยู่ในสถานะคำตอบ feasible อาจจะมีผลสืบเนื่องมาจากการกำหนดขีดความสามารถ capacity ของแต่ละลานเทและโรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้การหาคำตอบด้วยโปรแกรม LINGO V.11 ต้องใช้ระยะเวลาหาคำตอบมากกว่านี้ที่จะให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด หรืออาจจะไม่สามารถบอกได้ว่าต้องใช้เวลาานเท่าไรในการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้



ภาพที่ 4.1 ผลลัพธ์คำตอบของแต่ละตัวอย่างการทดลองที่ได้แสดงสถานะคำตอบ feasible

การเพิ่มตัวอย่างการทดลองจำนวนสมาชิกเกษตรกรเป็น 50 รายเพื่อทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์คำตอบได้จากการหาคำตอบด้วยโปรแกรม LINGO V.11 จะแสดงผลคำตอบในสถานะคำตอบทั้ง feasible solution และ local optimal ของแต่ละตารางที่ 4.16 – 4.20 และตัวอย่างการทดลองที่ Ins.50.1.1, Ins.50.2.1, Ins.50.3.1, Ins.50.4.1 และ Ins.50.5.1 จะให้ผลลัพธ์คำตอบที่มีความเป็นไปได้ หรืออยู่ในกลุ่มผลลัพธ์คำตอบในสถานะคำตอบ feasible แต่ไม่สามารถยืนยันได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่คำตอบ เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 250 ชั่วโมงขึ้นไปและอีกบางประการ จำนวนสมาชิกของเกษตรกรและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการหาคำนวณหาผลลัพธ์คำตอบเพิ่มขึ้น และขีดความสามารถ capacity ของแต่ละลานเทและโรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งมีความซับซ้อนในปัญหามานี้มากขึ้นทำให้เวลาการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 มากขึ้น แต่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า capacity ของแต่ละลานเท โรงงานและจำนวนโรงงานที่ตั้ง ในแต่ละชุดตัวอย่างการทดลองที่ 50.1 – 50.5 ดังตารางที่ 4.16 – 4.20 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างการทดลองจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) และระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ก็น้อยกว่า 250 ชั่วโมงของทุกตัวอย่างการทดลองของผลลัพธ์ที่แสดงในแต่ละตารางที่ 4.16 – 4.20

ต่อจากนั้น ทำการเพิ่มตัวอย่างการทดลองจำนวนสมาชิกเกษตรกรเป็น 100 ราย เพื่อทำการทดสอบขีดความสามารถของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์คำตอบได้จากการหาคำตอบด้วยโปรแกรม

LINGO V.11 ของแต่ละตารางที่ 4.21 – 4.25 และแต่ละตัวอย่างการทดลองจะแสดงผลลัพธ์คำตอบที่มีความเป็นไปได้เกือบทั้งหมดจะอยู่ในสถานะคำตอบที่เป็น feasible solution ใช้เวลามากกว่า 200 ชั่วโมง ในการหยุดเพื่อให้โปรแกรมสร้างคำตอบ ดังผลลัพธ์ที่ปรากฏในตาราง แต่ก็มีเพียงตัวอย่างการทดลองของ Ins.100.1.3 ที่สามารถให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) ได้ใช้เวลา 09: 15: 26 (ชั่วโมง: นาที: วินาที) ในการหาคำตอบ ผลลัพธ์คำตอบที่ได้ในตัวอย่างการทดลองนี้ได้ชี้ให้เห็นว่าถ้ามีการเพิ่มขีดความสามารถของ capacity ของแต่ละลานเทและโรงงานที่มีอยู่ให้มากขึ้น การทำงานของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีการเพิ่มจำนวนสมาชิกของเกษตรกรก็มีโอกาสที่จะสามารถแสดงผลลัพธ์คำตอบให้อยู่ในคำตอบที่ดีที่สุดของพื้นที่ (local optimal) ได้ ถึงแม้ว่า จะต้องใช้เวลาอย่างมากในการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11

โดยสรุปแล้วผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามงานวิจัยที่ได้นำเสนอของตัวอย่างการทดลองที่มีขนาดการทดลองที่แตกต่างกัน 5 ขนาดของจำนวนสมาชิกของเกษตรกร 5, 10, 20, 50 และ 100 ราย สามารถที่จะหาผลลัพธ์คำตอบและตรวจคำตอบที่ได้โดยการแทนค่าของตัวแปรแต่ละตัวในทุกเงื่อนไขว่าเป็นจริงได้ ถึงแม้ว่าเราจะมีการสร้างสถานการณ์ในการปรับเปลี่ยนค่า capacity ของลานเท โรงงาน และจำนวนโรงงานที่ตั้งของแต่ละตัวอย่างการทดลอง และอีกประการหนึ่งที่ยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการกำหนดขีดความสามารถ capacity ของแต่ละลานเทที่มีขนาด capacity เท่ากันและมีอยู่อย่างจำกัด จะต้องใช้เวลาอย่างมากในการทำงานหาคำตอบของโปรแกรม LINGO V.11 และคำตอบที่ได้โดยส่วนมากจะอยู่ในสถานะคำตอบ feasible solution โดยจะเริ่มแสดงให้เห็นตั้งแต่จำนวนสมาชิกของเกษตรกร 20, 50 และ 100 ราย ดังตารางที่ 4.26 สรุปผลการทดลองของตัวอย่างการทดลองที่แสดงสถานะคำตอบ feasible solution

ตารางที่ 4.26 สรุปผลการทดลองของตัวอย่างการทดลองที่แสดงสถานะคำตอบ feasible solution

จำนวนสมาชิกเกษตรกร (ราย)	ขนาด capacity แต่ละลานเท	ขนาด capacity ของแต่ละโรงงาน	จำนวนโรงงานที่ตั้ง (แห่ง)	ตัวอย่างการทดลองที่แสดงผลลัพธ์คำตอบ feasible solution
20	40	100	2	Ins.20.1.1, Ins.20.2.1, Ins.20.3.1 และ Ins.20.5.1
50	120	250	2	Ins.50.1.1, Ins.50.2.1, Ins.50.3.1, Ins.50.4.1 และ Ins.50.5.1
100	[120 – 500]	[600 – 1000]	[1 – 5]	Ins.100.1.1, Ins.100.1.2, Ins.100.2.1, Ins.100.2.2, Ins.100.2.3, Ins.100.3.1, Ins.100.3.2, Ins.100.3.3, Ins.100.4.1, Ins.100.4.2, Ins.100.4.3, Ins.100.5.1, Ins.100.5.2 และ Ins.100.5.3

จากการแก้ปัญหาทางงานวิจัยนี้ด้วยโปรแกรม LINGO V.11 พบว่าในหลาย ๆ ตัวอย่างการทดลอง ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 200 ชั่วโมงในการหาคำตอบ ซึ่งคำตอบที่ได้ดังตารางที่ 4.26 ก็แสดงสถานะคำตอบ feasible solution ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาอัลกอริทึมด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution algorithm: DE) เพื่อช่วยลดเวลาและค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาทางงานวิจัยนี้ ซึ่งจะนำเสนอขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานในการแก้ปัญหาทางงานวิจัยนี้ในบทที่ 5

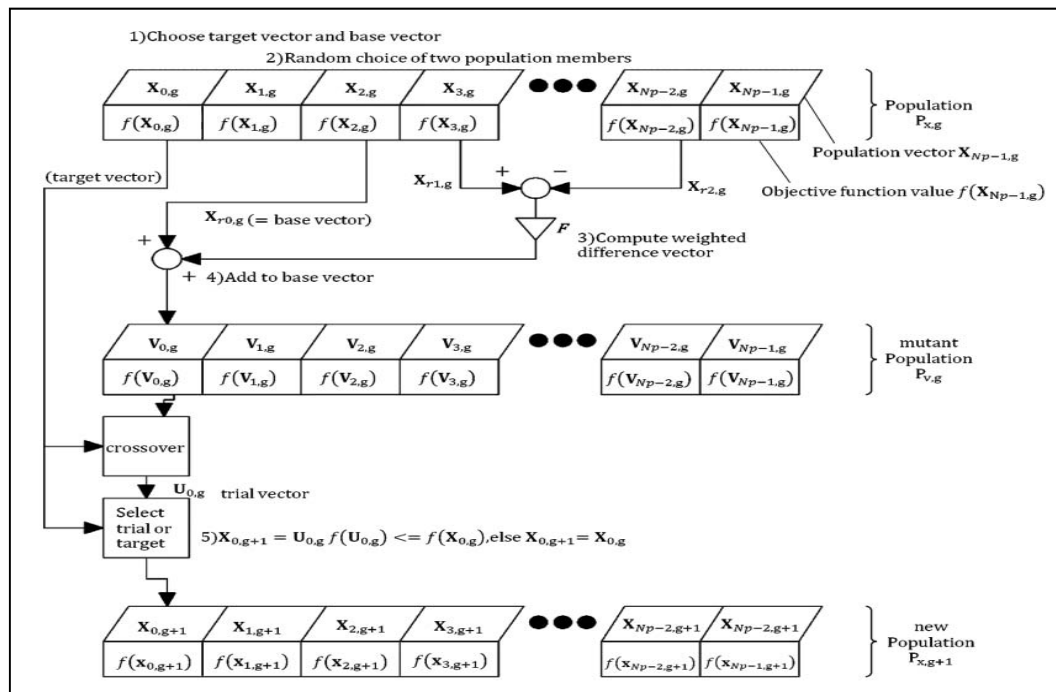
บทที่ 5

การแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

ในบทนี้จะอธิบายขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาค่าเหมาะที่สุดที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับชั้น ด้วยการแก้ปัญหามารูปแบบวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DE algorithm) ซึ่งจะแสดงลำดับขั้นตอนการหาคำตอบและพัฒนาสร้างคุณภาพคำตอบเริ่มตั้งแต่การสร้างประชากรในการสร้างคำตอบเริ่มต้น การเข้าสู่กระบวนการมีเวกเตอร์ การข้ามพาท การคัดเลือก และการวนซ้ำในการพัฒนาคุณภาพคำตอบ จนเสร็จสิ้นการทำงานของอัลกอริทึม

5.1 ขั้นตอนวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

การใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution algorithm: DE) ที่ได้จากการพัฒนามาจาก Storn and Price (1997) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดของเลขจำนวนจริง ในการแก้ปัญหาค่าเหมาะที่สุดที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับชั้นของกิจกรรมป่าลมน้ำมัน เฉพาะในส่วนของการลำเลียงผลผลิตจากเขตรกรไปยังลานเทปาลมน้ำมัน และจากลานเทปาลมน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จะมีกระบวนการหาคำตอบตามวิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหามาผลงาน Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016a) ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 5.1 แผนภาพการดำเนินงานตามกระบวนการของ DE

5.1.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น เป็นการจองพื้นที่ของอาร์เรย์ของ NP (number of population) ให้มีขนาด D-dimensional vector ของค่าพารามิเตอร์จริง

5.1.2 กระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้น ในแต่ละพื้นที่การจองพื้นที่ของอาร์เรย์แต่ละตัวจะถูกกำหนดด้วยการสร้างค่าเลขสุ่มขึ้นมาให้อยู่ในช่วงขอบเขตล่างและขอบเขตบนจะเท่ากับ $rand_{ij}(0,1)$ และเข้าสู่วิธีการสร้างคำตอบเพื่อประเมินค่า Fitness Functions หรือค่าสมการเป้าหมายของ target vector

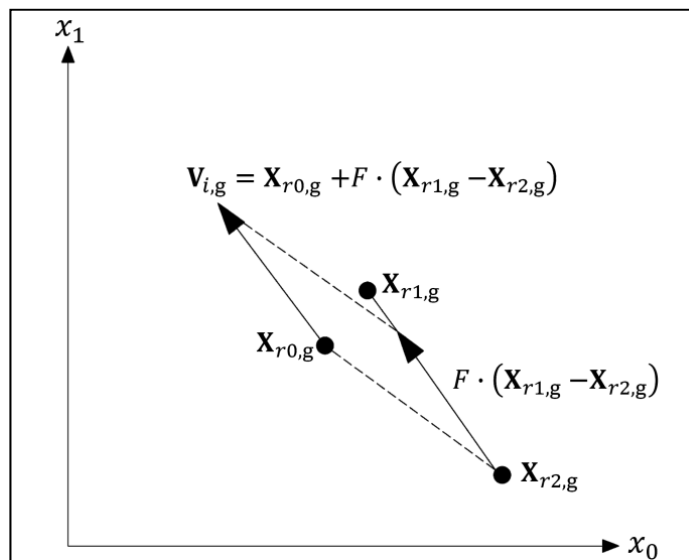
5.1.3 กระบวนการมิวเทชัน (Mutation) เป็นการปรับค่าเปลี่ยนค่าพิกัดของเวกเตอร์ ตามสมการดังต่อไปนี้

$$V_{i,j,G} = X_{r_1,j,G} + F(X_{r_2,j,G} - X_{r_3,j,G}) \quad (5.1)$$

โดยที่ $V_{i,j,G}$ เป็น NP มิวแทนต์เวกเตอร์ (mutant vector) ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อปรับเปลี่ยนค่าพิกัดเวกเตอร์

$X_{r_1,j,G}, X_{r_2,j,G}, X_{r_3,j,G}$ เป็น 3 ทาร์เกตเวกเตอร์ (target vector) ที่ทำการสุ่มเลือกขึ้นมาเพื่อเข้าสู่กระบวนการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์

F เป็น ค่าแฟกเตอร์ในการขยายผลต่าง (scale factor) โดยที่ $F \in (0,1+)$



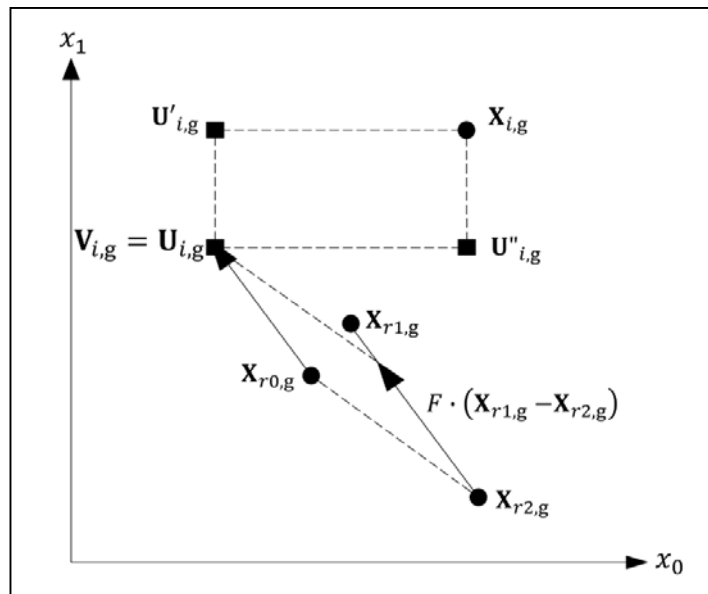
ภาพที่ 5.2 การผ่าเหล่าโดยผลต่าง: ด้วยผลต่างในการถ่วงน้ำหนัก เป็นการเพิ่มเวกเตอร์เพื่อดำเนินการผ่าเหล่า

5.1.4 การข้ามฟาก (Crossover) เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ (recombination) ด้วยสมการที่ 5.2 ระหว่าง target vector ของแต่ละ NP ปัจจุบันกับ mutant vector ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นในการข้ามฟาก $Cr \in [0,1]$ เพื่อให้มีผลการปรับเปลี่ยนค่าในแต่ละพิกัดเวกเตอร์

$$U_{i,j,G} = \begin{cases} V_{i,j,G} & \text{if } rand_{i,j} \leq Cr \text{ or } j = Irand \\ X_{i,j,G} & \text{if } rand_{i,j} > Cr \text{ or } j \neq Irand \end{cases} \quad (5.2)$$

โดยที่ $U_{i,j,G}$ เป็นไทรอัลเวกเตอร์ (trial vector) ที่ได้รับเปลี่ยนแปลงค่าในพิกัดเวกเตอร์ $rand_{i,j}$ เป็นจำนวนค่าเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาในเวกเตอร์ i ณ ตำแหน่ง j
 $Irاند$ เป็นตำแหน่งเลขสุ่มทำการสุ่มเลือกกระหว่างตำแหน่งพิกัดของ target vector และ mutant vector ด้วยการใช้ค่า Cr เป็นตัวกำหนดการแลกเปลี่ยนของแต่ละคู่พิกัดเวกเตอร์

เมื่อดำเนินการข้ามพลาและได้ trial vector ของแต่ละ NP ก็จะเข้าสู่วิธีการสร้างคำตอบเพื่อประเมินค่า Fitness Functions



ภาพที่ 5.3 การเพิ่มเติม trial vector ที่เป็นไปได้ $U'_{i,g}, U''_{i,g}$ เมื่อ $X_{i,g}$ และ $V_{i,g}$ เป็นรูปแบบการข้ามพลา

5.1.5 การคัดเลือก (Selection) สายพันธุ์ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดระหว่าง target vector และ trial vector ด้วยสมการที่ (5.3) เพื่อให้ได้ generation รุ่นถัดไป

$$X_{i,j,G+1} = \begin{cases} U_{i,j,G} & \text{if } f(U_{i,j,G}) \leq f(X_{i,j,G}) \\ X_{i,j,G} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5.3)$$

โดยที่ $X_{i,j,G+1}$ เป็น target vector รุ่นถัดไป

5.1.6 การวนซ้ำ (iteration) ตามขั้นตอนที่ 3 -5 จนกว่าจะได้สายพันธุ์คำตอบที่ดีที่สุด หรือตามเงื่อนไขในการหยุดที่ได้ถูกกำหนดไว้ ถือว่ายุติการหาคำตอบ ดังภาพที่ 5.4

```

1  Begin
2     $G=0$ 
3    Create a random initial population  $\mathbf{x}_{i,G} \forall i, i = 1, \dots, NP$ 
4    Evaluate  $f(\mathbf{x}_{i,G}) \forall i, i = 1, \dots, NP$ 
5    For  $G=1$  to  $MAX\_GEN$  Do
6      For  $i=1$  to  $NP$  Do
7         $\Rightarrow$  Select randomly  $r_1 \neq r_2 \neq r_3$  :
8         $\Rightarrow j_{rand} = \text{randint}(1, D)$ 
9        For  $j=1$  to  $D$  Do
10        $\Rightarrow$  If  $(\text{rand}_j[0, 1) < CR \text{ or } j = j_{rand})$  Then
11        $\Rightarrow u_{i,j,G+1} = x_{r_3,j,G} + F(x_{r_1,j,G} - x_{r_2,j,G})$ 
12        $\Rightarrow$  Else
13        $\Rightarrow u_{i,j,G+1} = x_{i,j,G}$ 
14        $\Rightarrow$  End If
15        $\Rightarrow$  End For
16       If  $(f(u_{i,G+1}) \leq f(\mathbf{x}_{i,G}))$  Then
17        $\Rightarrow \mathbf{x}_{i,G+1} = \mathbf{u}_{i,G+1}$ 
18       Else
19        $\Rightarrow \mathbf{x}_{i,G+1} = \mathbf{x}_{i,G}$ 
20       End If
21     End For
22      $G = G + 1$ 
23   End For
24 End

```

ภาพที่ 5.4 กระบวนการของ DE

5.2 การประยุกต์ใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย

จากการศึกษาปัญหางานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DE algorithm) เพื่อประยุกต์ในแก้ปัญหาในงานวิจัย เนื่องด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสามารถประยุกต์ใช้วิธีการเพื่อแก้ปัญหาชนิดต่าง ๆ ได้หลายรูปแบบปัญหา และวิธีการที่ใช้มีความยืดหยุ่นสามารถปรับให้เข้ากับสถานการณ์ของปัญหา ประกอบกับเป็นอีกหนึ่งวิธีการเมตาฮิวริสติกที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ โดยกระบวนการวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างด้วยการใช้โปรแกรม Dev C++ ผ่านคอมพิวเตอร์ ในการประมวลผลด้วย Intel Core i3 CPU 3.70 GHz Ram DDR4 8 GB รูปแบบขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง มีดังต่อไปนี้

5.2.1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น (Number of Population: NP)

การสร้างคำตอบเริ่มต้นจะเป็นการใช้ประชากรเริ่มต้นในการสร้างคำตอบ ซึ่งกำหนดไว้ว่า NP คือประชากรที่สร้างขึ้นในการหาคำตอบ ซึ่ง 1 NP หรือ 1 โครโมโซม จะมีค่าเท่ากับหนึ่งคำตอบ ในการหาคำตอบในแต่ละรอบ และ NP ที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหานี้จะอยู่ในรูปของเมตริกเวกเตอร์ที่มีขนาดเวกเตอร์เท่ากับผลรวมของจำนวนเขตรกรบวกลบจำนวนพื้นที่ลานเทที่มีความน่าจะเป็นที่จะเปิดและบวกลบจำนวนโรงงานที่กำหนดไว้ โดยกำหนดให้ NP เท่ากับ 5 จำนวนประชากร, จำนวนเขตรกรเท่ากับ 5 ราย จำนวนลานเทที่เปิดจะเท่ากับจำนวนเขตรกร ดังนั้นจะเท่ากับ 5 และโรงงานกำหนดที่ 2 โรงงาน ซึ่งเมตริกเวกเตอร์จะมีขนาดเท่ากับ 5 แถว $\times$ 12 หลัก และในแต่ละช่องอาร์เรย์จะทำการใส่เลขสุ่มทั้งหมดที่อยู่ในช่วง $[0, 1]$ ซึ่งเป็นการเข้ารหัสด้วยเลขสุ่ม ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การสร้างประชากรเริ่มต้นด้วยการเข้ารหัสค่าเลขคู่

	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานเทและ ขีดจำกัดในรับผลผลิต					โรงงานและ ขีดจำกัด	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
	14	11	13	4	4	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.266	0.377	0.910	0.609	0.282	0.921	0.737	0.044	0.084	0.016	0.841	0.860
NP2	0.697	0.127	0.694	0.789	0.586	0.315	0.020	0.972	0.964	0.552	0.061	0.382
NP3	0.978	0.810	0.402	0.422	0.166	0.891	0.867	0.230	0.818	0.120	0.281	0.793
NP4	0.897	0.642	0.677	0.849	0.986	0.064	0.348	0.664	0.590	0.946	0.056	0.367
NP5	0.381	0.079	0.499	0.619	0.337	0.027	0.554	0.228	0.788	0.529	0.909	0.238

ต่อจากนั้นจะเป็นการถอดรหัสเลขคู่ด้วยการเรียงลำดับค่าเลขคู่ในแต่ละแถวของ NP จะเรียงจากค่าจำนวนเลขน้อยไปหาค่ามาก ในที่นี้จะขอแสดงการถอดรหัสในเฉพาะ NP1 ในตารางที่ 5.1

5.2.1.1 การถอดรหัสตามรูปแบบวิธีที่ 1

วิธีการถอดรหัสของแต่ละ NP ตามวิธีที่ 1 เป็นวิธีการถอดรหัสจะเป็นการจัดกลุ่มเกษตรกรให้กับลานเทพร้อมทั้งโรงงานในเวลาเดียวกัน แต่การจัดสรรนี้จะต้องไม่ละเมิดค่า capacity ที่ได้กำหนดไว้ให้กับลานเทและโรงงาน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การถอดรหัสจะเริ่มต้นจากการนำชุดเวกเตอร์ของ NP ที่ผ่านการให้รหัสเลขคู่มาแล้วเข้าสู่ขั้นตอนการจัดเรียงเลขคู่ จากตารางที่ 5.2 เราใช้ NP1 เป็นตัวอย่างดำเนินการถอดรหัส ด้วยการนำเอาเลขคู่ที่ถูกสร้างขึ้นในแต่ละช่องอาร์เรย์จัดเรียงลำดับค่าตัวเลขคู่จากน้อยไปหามาก ซึ่งผลลัพธ์จากจัดเรียงที่ได้จะแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 ชุดเลขคู่ NP1 เดิมที่ยังไม่ได้จัดเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานเทและ ขีดจำกัดในรับผลผลิต					โรงงานและ ขีดจำกัด	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
	14	11	13	4	4	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.266	0.377	0.910	0.609	0.282	0.921	0.737	0.044	0.084	0.016	0.841	0.860

ตารางที่ 5.3 ชุดเลขคู่ NP1 ที่ได้จัดเรียงชุดเลขคู่จากน้อยไปมาก

ลำดับ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานเทและ ขีดจำกัดในรับผลผลิต					โรงงานและ ขีดจำกัด	
เกษตรกร	1	5	2	4	3	5	4	3	2	1	1	2
	14	4	11	4	13	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.266	0.282	0.377	0.609	0.910	0.016	0.084	0.044	0.737	0.921	0.841	0.860

2) ข้อมูลจากตารางที่ 5.3 การเริ่มต้นการจัดกลุ่มจะลำดับเลขสัมน้อยสุดเริ่มจากเกษตรกรรายที่ 1 เป็นอันดับที่หนึ่ง ซึ่งมีปริมาณผลผลิตที่มีอยู่ 14 หน่วย จะถูกมอบหมายให้ลานเทที่ 5 ที่เลขสัมน้อยสุดเป็นอันดับแรกที่ได้รับการให้เปิดและโรงงานที่ 1 ทำหน้าเปิดรับการรวบรวมของลานเทที่ 5 เป็นรายแรก

3) ทำการตรวจสอบ capacity ของลานที่ j ว่าสามารถรับผลผลิตจากเกษตรกรได้หรือไม่ ด้วยการนำจำนวนผลผลิตของเกษตรกรที่มีอยู่มาลบพื้นที่ capacity ของลานเทที่ j ด้วยการตรวจสอบค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ $i \leq$ ขนาดพื้นที่ capacity ของลานเทที่มีอยู่ และการตรวจสอบนี้จะทำไปพร้อม ๆ กับการตรวจสอบค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ $i \leq$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงานที่มีอยู่ เมื่อไม่ผิดเงื่อนไขเข้าสู่ข้อที่ 4 แต่ถ้าผิดเงื่อนไขจะเข้าสู่การพิจารณาในข้อ 3.1

3.1) ในกรณีที่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ $i >$ ขนาดพื้นที่ของลานเทที่มีอยู่ แต่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ $i \leq$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงานที่มีอยู่ จะใช้ลำดับเกษตรกรลำดับถัดไปในการมอบหมายให้ลานเทเดิมและเข้าสู่การตรวจสอบข้อ 5.2.1.1.6 หรือในกรณีตามข้อที่ 3.2

3.2) ในกรณีที่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ i ที่เหลืออยู่ มีค่าผลผลิต $>$ ขนาดพื้นที่ของลานเทที่มีอยู่ แต่มีค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ i ในบางราย $\leq$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงานที่มีอยู่ ให้ทำการปิดลานเทปัจจุบัน และพร้อมทั้งเปิดลานเทใหม่ในลำดับถัดไป ตามข้อที่ 5.2.1.5 หรือถ้าเหตุการณ์เกิดขึ้นในกรณีตามข้อ 3.3

3.3) ในกรณีที่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ i ที่เหลืออยู่ มีค่าผลผลิต $>$ ขนาดพื้นที่ของลานเทที่มีอยู่ และค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ i ที่เหลืออยู่ มีค่าผลผลิต $>$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงานที่มีอยู่ ให้ทำการปิดลานเทปัจจุบัน และโรงงานปัจจุบัน และทำตามข้อที่ 12

4) ทำการจัดเกษตรกร i เข้าเป็นสมาชิกของลานเทที่เปิดและจัดลานเท j ที่เปิดเป็นสมาชิกของโรงงาน l ที่เปิดปัจจุบัน โดยให้จัดให้เกษตรกรที่ i ณ เวลาคือ เกษตรกรรายที่ 1 เข้าเป็นสมาชิกของลานเทที่ 5 ส่วนลานเทที่ 5 เป็นสมาชิกของโรงงานที่ 1 ทำการหักการใช้พื้นที่ที่ถูกใช้ออกไปทั้งลานเทและโรงงาน ด้วยค่าจำนวนผลผลิตของเกษตรกรรายที่ 1 ดังตารางที่ 5.4 ส่วนเกษตรกรที่ถูกใช้แล้วไม่สามารถเข้าสู่การคำนวณในระบบได้อีก และดำเนินการตามข้อที่ 5

ตารางที่ 5.4 การจัดกลุ่มและการลบพื้นที่ที่ถูกใช้ออก

เกษตรกร i	ผลผลิต ที่มีอยู่	ลานเท j ที่เปิด	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือ พื้นที่รับ ผลผลิต	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือ พื้นที่รับ ผลผลิต
i_1	14	j_5	$\{i_1\}$	$20-14 = 6$	l_1	$\{j_5\}$	$35-14 = 21$

5) ทำการเลือกลำดับเกษตรกรที่มีค่าเลขสัมน้อยสุดในลำดับถัดไป และกลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3

6) เมื่อกรณีที่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ i ที่เหลืออยู่ มีค่าผลผลิต $>$ ขนาดพื้นที่ของลานเทที่มีอยู่ แต่มีค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ i ในบางราย $\leq$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงาน

ที่มีอยู่ ให้ทำการปิดลานเทปัจจุบัน และพร้อมทั้งเปิดลานเทใหม่ในลำดับถัดไป ซึ่งจะมีผลทำงานดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การหาคำตอบเมื่อลานเทไม่สามารถรับผลผลิตจากเกษตรกร i ที่เหลืออยู่แต่มีพื้นที่โรงงาน l เหลืออยู่

เกษตรกร i	ผลผลิตที่มีอยู่	ลานเท j ที่เปิด	สมาชิกในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่รับผลผลิต	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิกในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่รับผลผลิต
i_1	14	j_5	$\{i_1\}$	$20-14 = 6$	l_1	$\{j_5\}$	$35-14 = 21$
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	$6 - 4 = 2$			$21-4 = 17$

7) ทำการเลือกเกษตรกรที่ i ในตำแหน่งถัดไปที่ยังไม่ถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกของลานเท และใช้ลานเท j ในลำดับถัดไปเปิดรับสมาชิกเกษตรกร i แต่ยังเป็นโรงงาน l ปัจจุบัน

8) ทำการตรวจสอบเกษตรกร i ที่ถูกเลือกมาต้อง < ขนาดพื้นที่ของลานเทที่มีอยู่ แต่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ $i \leq$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงานที่มีอยู่ แต่ถ้าเข้าในกรณีข้อที่ 8.1 หรือถ้าไม่ละเมิดให้ดำเนินการตามข้อ 9

8.1) เกษตรกร i ที่ถูกเลือกมาต้อง < ขนาดพื้นที่ของลานเทที่มีอยู่ แต่ค่าผลผลิตของเกษตรกรที่ $i >$ ขนาดพื้นที่ capacity ของโรงงานที่มีอยู่ ให้เข้ากลับเข้าสู่ข้อที่ 7

9) ทำการจัดเกษตรกรที่ i ในตำแหน่งถัดไปที่ยังไม่ถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกของลานเท j และโรงงาน l ปัจจุบัน ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 การเปิดลานเทใหม่แต่ยังเป็นโรงงานเดิม

เกษตรกร i	ผลผลิตที่มีอยู่	ลานเท j ที่เปิด	สมาชิกในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่รับผลผลิต	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิกในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่รับผลผลิต
i_1	14	j_5	$\{i_1\}$	$20-14 = 6$	l_1	$\{j_5\}$	$35-14 = 21$
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	$6 - 4 = 2$			$21-4 = 17$
i_2	11	j_4	$\{i_2\}$	$20-11 = 9$	l_1	$\{j_5, j_4\}$	$17-11 = 6$

จากที่แสดงเมื่อผ่านการตรวจสอบในข้อที่ 5.2.1.1.8 แล้ว โดยที่ i_2 เป็นเกษตรกรที่ถูกเลือกในลำดับถัดไป และเปิดลานเท j_4 แต่ยังคงเป็นโรงงาน l_1 ในปัจจุบัน เมื่อดำเนินการเสร็จในขั้นตอนนี้แล้ว จะเข้าสู่ข้อต่อไป

10) ทำการจัดเกษตรกรที่ i ในตำแหน่งถัดไปที่ยังไม่ถูกจัดเข้าเป็นสมาชิกของลานเท j และโรงงาน l ปัจจุบัน แต่ต้องไม่ละเมิดเงื่อนไขข้อ 3.1, 3.2 ให้ทำตามข้อ 6 แต่ถ้าละเมิดข้อที่ 3.3 เข้าสู่ข้อที่ 11

ตารางที่ 5.7 การจัดกลุ่มเมื่อโรงงานปัจจุบันไม่มีพื้นที่พอต่อสมาชิกที่เหลืออยู่จะทำการปิดโรงงาน

เกษตรกร i	ผลผลิต ที่มีอยู่	ลานเท j ที่เปิด	สมาชิกใน กลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิกใน กลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต
i_1	14	j_5	$\{i_1\}$	$20-14 = 6$	l_1	$\{j_5\}$	$35 - 14 = 21$
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	$6 - 4 = 2$			$21 - 4 = 17$
i_2	11	j_4	$\{i_2\}$	$20 - 11 = 9$	l_1	$\{j_5, j_4\}$	$17 - 11 = 6$
i_4	4		$\{i_2, i_4\}$	$9 - 4 = 5$			$6 - 4 = 2$

11) เมื่อโรงงาน l ปัจจุบัน ไม่สามารถรับผลผลิตได้อีก ก็ทำการปิดโรงงาน l ปัจจุบันและลานเท j ปัจจุบัน แล้วกลับเข้าสู่ข้อ 12

12) ทำการเลือกเกษตรกรที่ i ลานเท j และโรงงาน l ในลำดับถัดไป แล้วทำการย้อนกลับเข้าสู่ข้อที่ 3 จนกระทั่งไม่มีเกษตรกรที่ i เหลืออยู่ สามารถถูกเรียกใช้ในการจัดกลุ่มได้ทั้งหมด ถือว่าสิ้นสุดการจัดกลุ่ม แต่ถ้ามีการละเมิดเงื่อนไขใด ๆ จะเข้าสู่การวิธีการปรับตัวและกลับเข้าสู่ข้อ 2 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้โดยไม่ติดเงื่อนไขใด ๆ จะแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 การจัดกลุ่มครบทุกรายและไม่ละเมิดเงื่อนไขในทุก ๆ กรณี

เกษตรกร i	ผลผลิต ที่มีอยู่	ลานเท j ที่เปิด	สมาชิกใน กลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต
i_1	14	j_5	$\{i_1\}$	$20-14 = 6$	l_1	$\{j_5\}$	$35- 14 = 21$
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	$6 - 4 = 2$			$21 - 4 = 17$
i_2	11	j_4	$\{i_2\}$	$20-11 = 9$	l_1	$\{j_5, j_4\}$	$17 - 11 = 6$
i_4	4		$\{i_2, i_4\}$	$9 - 4 = 5$			$6 - 4 = 2$
i_3	13	j_3	$\{i_3\}$	$20-13 = 7$	l_2	$\{j_3\}$	$35-13 = 22$

13) เมื่อเสร็จการจัดกลุ่มแล้วจะทำการคำนวณจำนวนรอบส่งผลผลิตที่ได้รวบรวมของแต่ละลานเท j โดยกำหนดให้ยานพาหนะทุกลานเทสามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 25 หน่วย/เที่ยว และยานพาหนะที่ใช้ของทุก ๆ ลานเทจะถูกกำหนดให้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ที่สามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 25 ตัน (25,000 กิโลกรัมต่อครั้ง) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานรถบรรทุก 10 ล้อ ที่ประเทศไทยได้กำหนดไว้ จำนวนการขนส่งผลผลิตปาล์มต่อเที่ยวจะใช้ค่าเป็นจำนวนเต็ม เมื่อมีจุดทศนิยมจะปัดขึ้นให้เป็นจำนวนเต็ม

สรุปผล

ผลลัพธ์ NP1 ที่ได้จากการคำนวณตามตัวแบบคณิตศาสตร์ในการจัดกลุ่มครั้งนี้ แต่ละลานเทจะใช้การขนส่งเพียง 1 เทียวเท่านั้น และผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแปรตัดสินใจจะเข้าสู่การคำนวณตามสมการเป้าหมายครั้งนี้ โดยเราใช้ instance small 1.1.1 เป็นตัวอย่างที่ใช้ในการอธิบาย อัลกอริทึม

ต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อยสุด มีค่าเท่ากับ 17.31416×10^6 บาท
การปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่ากับ 1,263.712 บาท
ระดับความปลอดภัยในเส้นทางส่งผลผลิตและการเปิดลานเท ต่อการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุดเท่ากับ 247,780.712 บาท

รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น 17.56321×10^6 บาท

เมื่อได้สร้างคำตอบของแต่ละ NP1 – NP5 ครบทุกตัวแล้ว ผลลัพธ์คำตอบที่ได้จากการคำนวณจะทำการเก็บค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของชุดคำตอบ NP1 – NP5 ไว้ 1 คำตอบ (Global Optimum) แล้วดำเนินการเข้าสู่ขั้นตอนวิธีของ DE ต่อไป

5.2.1.2 การถอดรหัสตามรูปแบบวิธีที่ 2

วิธีการถอดรหัสของแต่ละ NP ตามวิธีที่ 2 เป็นวิธีการถอดรหัสที่เริ่มต้นจากการสร้างยานพาหนะจำลองขึ้นมา ก่อนที่จะปรับตัวเองให้เป็นยานพาหนะที่ใช้จริงของลานเทที่เปิด ซึ่งจำนวนยานพาหนะที่ถูกใช้ในแต่ละลานเทที่เปิดจะแสดงถึงจำนวนเที่ยวการส่งผลผลิตปาล์มไปยังโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน แต่การจัดสรรนี้จะต้องไม่ละเมิดค่า capacity ที่ได้กำหนดไว้ให้กับลานเทและโรงงาน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

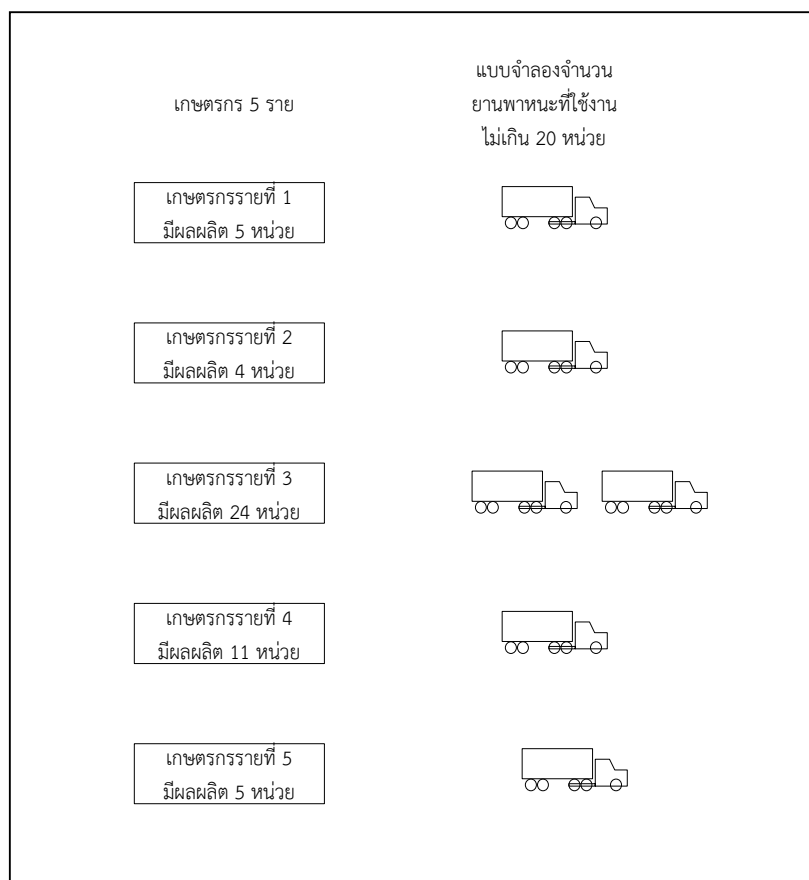
1) การถอดรหัสจะเริ่มจากการนำชุดเวกเตอร์ของ NP ที่ผ่านการให้รหัสเลขสุ่มเข้าสู่ขั้นตอนการจัดเรียงเลขสุ่ม ดังผลลัพธ์ที่ได้แสดงการจัดเรียงลำดับจากค่าตัวเลขสุ่มที่ถูกสร้างไว้ให้ในแต่อาร์เรย์ของแต่ละ NP ประชากร ดังตารางที่ 5.3

ต่อจากนั้นจะเป็นการสร้างยานพาหนะจำลองเพื่อบรรทุกผลผลิตของเกษตรกร i ในแต่ละราย ดังวิธีการดังต่อไปนี้

$$\text{จำนวนการใช้ยานพาหนะ}(v_j) = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตเกษตรกร } i(Ap_i)}{\text{ขนาดบรรทุกของยานพาหนะ}(cv_j)} \quad (5.4)$$

(ค่าที่ได้เป็นทศนิยมปัดขึ้นจำนวนเต็ม)

ซึ่งยานพาหนะที่ถูกสร้างขึ้นดังภาพที่ 5.5 เป็นการสร้างจำนวนยานพาหนะจำลอง จะต้องนำเกษตรกร i ไปส่งผลผลิตให้เพียงหนึ่งลานเทเท่านั้น ไม่สามารถแบ่งไปลานเทอื่นได้ การมอบหมายให้ยานพาหนะจำลองที่สร้างขึ้นมาพร้อมด้วยสมาชิกเกษตรกร i ที่ถูก load ขึ้นมา



ภาพที่ 5.5 การสร้างจำนวนยานพาหนะจำลอง

2) เปิดโรงงานและลานเทตามลำดับเลขสุ่ม

3) การมอบหมายจะเริ่มจากยานพาหนะจำลองที่สร้างขึ้นมา โดยกำหนดให้ v_j เป็นตัวแทนยานพาหนะจำลอง และมีสมาชิกเกษตรกร i ที่มีค่าเลขสุ่มน้อยสุดทำการมอบหมายให้ลานเท j และโรงงาน l ที่มีค่าเลขสุ่มน้อยสุด ดังตารางที่ 5.3 ยานพาหนะจำลองมีเกษตรกรรายที่ 1 เป็นสมาชิกที่มีค่าเลขสุ่มเท่ากับ 0.266 และมีค่าน้อยสุด มีผลผลิต 14 หน่วย จะส่งมอบหมายให้กับลานเทที่ 5 เมื่อยานพาหนะจำลองได้รับการมอบหมายแล้วจะปรับตัวเองให้เป็นยานพาหนะที่ถูกใช้จริงให้กับลานเทที่ 5 และลานเทที่ 5 จะใช้ยานพาหนะนี้ส่งผลผลิตต่อไปยังโรงงานที่ 1 ดังตารางที่ 5.11

4) ทำการตรวจสอบ capacity ของยานพาหนะ ลานเทและโรงงาน เพื่อรับสมาชิกเพิ่ม ดังตารางที่ 5.9 สามารถที่จะรับสมาชิกเพิ่มในยานพาหนะปัจจุบันที่ได้ปรับสถานะตัวเองให้เป็นยานพาหนะที่ใช้จริงในลานเท j เพื่อรับสมาชิกเกษตรกร i เข้ามา จากยานพาหนะจำลองที่มีการบรรจุสมาชิกเกษตรกร i ในลำดับค่าเลขสุ่มน้อยสุดในตำแหน่งถัดไป เพื่อเพิ่มเป็นสมาชิกในยานพาหนะที่ใช้จริงในลานเท j ที่อาจมีพื้นที่เหลืออยู่ สามารถรับสมาชิกเพิ่มเติมในยานพาหนะปัจจุบันสำหรับลานเทและโรงงานได้ ตามขั้นตอนที่ 5 ซึ่งการตรวจสอบจะดำเนินการดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.9 ผลการคำนวณพื้นที่ที่ถูกใช้ของยานพาหนะ ลานเทและโรงงาน

เกษตรกร i	ผลผลิต ที่มีอยู่	ยาน พาหนะ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ ยานพาหนะ	ลานเท j ที่เปิด	คงเหลือ พื้นที่ ลานเท	จำนวน รอบการ ขนส่ง	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต
i_1	14	v_1	$\{i_1\}$	25-14=11	$j_5=\{v_1\}$	20-14=6	1 รอบ	l_1	$\{j_5\}$	35-14=21

4.1) ถ้าพื้นที่ความจุยานพาหนะปัจจุบัน > 0 และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $<$ ลานเทปัจจุบัน และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $<$ โรงงานปัจจุบัน ให้ดำเนินการขั้นตอน 5

4.2) ถ้าพื้นที่ความจุยานพาหนะปัจจุบัน ≤ 0 และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $<$ ลานเทปัจจุบัน และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $<$ โรงงานปัจจุบัน ให้ดำเนินการขั้นตอน 6

4.3) ถ้าพื้นที่ความจุยานพาหนะปัจจุบัน > 0 และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $>$ ลานเทปัจจุบัน และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $<$ โรงงานปัจจุบัน ให้ดำเนินการขั้นตอน 9

4.4) ถ้าพื้นที่ความจุยานพาหนะปัจจุบัน > 0 และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $>$ ลานเทปัจจุบัน และพื้นที่ความจุยานพาหนะ $>$ โรงงานปัจจุบัน ให้ดำเนินการขั้นตอน 11

5) เพิ่มสมาชิกเข้ากลุ่มยานพาหนะ ลานเท j และโรงงาน l ปัจจุบัน ด้วยการเพิ่มสมาชิกเกษตรกร i จากยานพาหนะจำลอง v_j ลำดับค่าเลขสุ่มน้อยสุดถัดมาโดยเป็นการหยิบออกมาใส่ในยานพาหนะปัจจุบัน ส่วนยานพาหนะจำลองเมื่อไม่มีสมาชิกเกษตรกร i จะถูกกำจัดออกจากระบบยานพาหนะจำลอง ดังตารางที่ 5.10 แล้วจะกลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 จนกว่าไม่สามารถรับสมาชิกเกษตรกร i จากยานพาหนะจำลอง v_j อื่นได้ ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 6

ตารางที่ 5.10 การเพิ่มสมาชิกเข้ายานพาหนะ ลานเทและโรงงานปัจจุบัน

เกษตรกร i	ผลผลิต ที่มีอยู่	ยาน พาหนะ	สมาชิกใน กลุ่ม	คงเหลือ พื้นที่ ยานพาหนะ	ลานเท j ที่เปิด	คงเหลือ พื้นที่ ลานเท	จำนวน รอบการ ขนส่ง	โรงงาน l ที่เปิดรับ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือ พื้นที่รับ ผลผลิต
i_1	14	v_1	$\{i_1\}$	25-14=11	$j_5=\{v_1\}$	20-14=6	1 รอบ	l_1	$\{j_5\}$	35-14=21
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	11-4=7		6-4=2				21-4=17

6) จะเป็นการปิดยานพาหนะปัจจุบันที่ใช้สำหรับลานเทและโรงงานปัจจุบัน เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

7) จะเป็นการเพิ่มยานพาหนะจำลองในลำดับเลขสุ่มถัดไปเพื่อมอบหมายให้กับลานเทและโรงงานปัจจุบันที่มีพื้นที่เหลืออยู่ เพื่อรับสมาชิกเพิ่ม

8) ทำการมอบหมายยานพาหนะจำลองในลำดับเลขสุ่มถัดไปให้แก่ลานเทและโรงงานปัจจุบัน และกลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งผิดเงื่อนไขข้อ 4.3 จะเข้าสู่ข้อ 9

9) ทำการปิดยานพาหนะและลานเทปัจจุบัน และทำการมอบหมายยานพาหนะจำลองและลานเทตามลำดับค่าเลขสุ่มถัดไป

10) ทำการมอบหมายยานพาหนะจำลองและลานเทตามลำดับค่าเลขสุ่มถัดไป แต่ยังเป็นโรงงานเดิม และกลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งผัดเจี้ยนไขข้อ 4.4 ซึ่งตารางที่ 5.11 จะเป็นการแสดงถึงการสิ้นสุดในการรับสมาชิกของโรงงานที่ 1

ตารางที่ 5.11 การปิดรับสมาชิกของโรงงานที่ 1

เกษตรกร i	ผลผลิต ที่มีอยู่	ยาน พาหนะ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือ พื้นที่ ยานพาหนะ	ลานเท j ที่เปิด	คงเหลือ พื้นที่ ลานเท	จำนวน รอบการ ขนส่ง	โรงงาน l ที่ เปิดรับ	สมาชิกใน กลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต
i_1	14	v_1	$\{i_1\}$	$25-14=11$	$j_5=\{v_1\}$	$20-14=6$	1 รอบ	l_1	$\{j_5\}$	$35-14=21$
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	$11-4=7$		$6-4=2$				$21-4=17$
i_2	11	v_2	$\{i_2\}$	$25-11=14$	$j_4=\{v_2\}$	$20-11=9$	1 รอบ	l_1	$\{j_5, j_4\}$	$17-11=6$
i_4	4		$\{i_2, i_4\}$	$14-4=10$		$9-4=5$				$6-4=2$

11) ทำการปิดยานพาหนะ ปิดลานเทและโรงงานปัจจุบัน และทำการเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

12) ทำการเปิดโรงงาน ลานเทในลำดับค่าเลขสุ่มตัวถัดไป และรับสมาชิกเพิ่มจากยานพาหนะจำลองที่มีเกษตรกร i เป็นสมาชิก และเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

13) ทำการตรวจสอบจำนวนยานพาหนะจำลอง

13.1) ถ้ายานพาหนะจำลอง > 0 ดำเนินตามขั้นตอน 5.2.1.2.14 หรือถ้า

13.2) ยานพาหนะจำลอง ≤ 0 ให้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 5.2.1.2.16

14) เปิดลานเท และโรงงาน เพื่อรับสมาชิกเพิ่ม และดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป

15) รับสมาชิกเพิ่มจากยานพาหนะจำลองที่มีเกษตรกร i เป็นสมาชิก และเข้าสู่ขั้นตอน 3 จนกว่าจะผัดเจี้ยนไขข้อ 13.2 จะเข้าสู่ลำดับขั้นตอนที่ 16

16) แสดงผลลัพธ์ชุดคำตอบการจัดกลุ่มสมาชิกการจัดสรร และดำเนินการขั้นตอนต่อไป

17) ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ชุดคำตอบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

17.1) ถ้าไม่ผัดเจี้ยนไขข้อใด ๆ คือสมาชิกเกษตรกร i สามารถจัดสรรส่งได้ครบ จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 18 ดังที่แสดงในตารางที่ 5.12 แต่ถ้าผัดเจี้ยนไขข้อ 17.2

17.2) ไม่สามารถจัดสรรให้เกษตรกร i ได้ครบทุกจำนวนจะต้องเข้าสู่วิธีการปรับตัวและกลับเข้าสู่ข้อ 2 เพื่อดำเนินการตามขั้นตอนการจัดสรรใหม่

ตารางที่ 5.12 การสิ้นสุดการจัดสรรกลุ่มสมาชิกเกษตรกร i

เกษตรกร i	ผลผลิตที่มีอยู่	ยานพาหนะ	สมาชิกในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ ยานพาหนะ	ลานเท j ที่เปิด	คงเหลือพื้นที่ลาน เท	จำนวนรอบการ ขนส่ง	โรงงาน l ที่ เปิดรับ	สมาชิก ในกลุ่ม	คงเหลือพื้นที่ รับผลผลิต
i_1	14	v_1	$\{i_1\}$	$25-14=11$	$j_5=\{v_1\}$	$20-14=6$	1 รอบ	l_1	$\{j_5\}$	$35-14=21$
i_5	4		$\{i_1, i_5\}$	$11-4=7$		$6-4=2$				$21-4=17$
i_2	11	v_2	$\{i_2\}$	$25-11=14$	$j_4=\{v_2\}$	$20-11=9$	1 รอบ	l_1	$\{j_5, j_4\}$	$17-11=6$
i_4	4		$\{i_2, i_4\}$	$14-4=10$		$9-4=5$				$6-4=2$
i_3	13	v_3	$\{i_3\}$	$25-13=12$	$j_3=\{v_3\}$	$20-13=7$	1 รอบ	l_2	$\{j_3\}$	$35-13=22$

18) แสดงผลลัพธ์คำตอบผลลัพธ์ NP1 ที่ได้จากการคำนวณตามตัวแบบคณิตศาสตร์ในการจัดกลุ่มครั้งนี้ ไม่ต้องไปทำการคำนวณหาจำนวนรอบในการขนส่งจากลานเทไปยังโรงงาน ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นในวิธีที่ 2 และผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแปรตัดสินใจจะเข้าสู่การคำนวณตามสมการเป้าหมายครั้งนี้ โดยเราใช้ instance small 1.1.1 เป็นตัวอย่างที่ใช้ในการอธิบายอัลกอริทึม

สรุปผล

ต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมโดยรวมน้อยสุด มีค่าเท่ากับ 17.31416×10^6 บาท

การปล่อยมลพิษด้านการขนส่งต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่ากับ 1,263.712 บาท

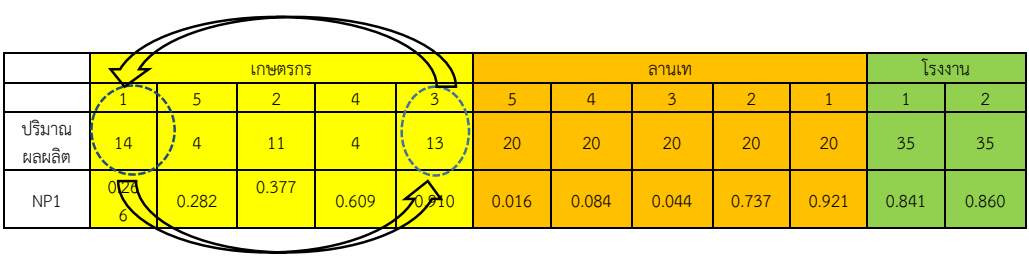
ระดับความปลอดภัยในเส้นทางส่งผลผลิตและการเปิดลานเท ต่อการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุดเท่ากับ 247,780.712 บาท

รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น 17.56321×10^6 บาท

เมื่อได้สร้างคำตอบของแต่ละ NP1 – NP5 ครบทุกตัวแล้ว ผลลัพธ์คำตอบที่ได้จากการคำนวณจะทำการเก็บค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของชุดคำตอบ NP1 – NP5 ไว้ 1 คำคำตอบ (Global Optimum) แล้วดำเนินการเข้าสู่ขั้นตอนวิธีของ DE ต่อไป

5.2.1.3 วิธีการปรับตัวภายในเวกเตอร์เมื่อมีการละเมิดเงื่อนไขการจัดสรรสมาชิกเกษตรกร i ไม่ได้

การปรับตัวของเวกเตอร์ในกรณีที่สร้างคำตอบแล้วไม่สามารถจัดเกษตรกรทุกรายส่งผลผลิตได้อันเนื่องมาจากพื้นที่ความจุของปลายทางไม่สามารถที่จะรับผลผลิตของเกษตรกรที่เหลืออยู่ได้ ดังนั้นจะต้องมีการปรับตัวของเวกเตอร์ใหม่เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยจะใช้วิธีการสลับตำแหน่ง (exchange position) ระหว่างช่วงเกษตรกรของเวกเตอร์ที่ผ่านการจัดเรียงเลขคู่ จะทำสลับตำแหน่งเฉพาะเกษตรกรแต่ค่าเลขคู่ที่จัดเรียงไว้แล้วจะไม่มี การสลับตำแหน่งต่อจากนั้นจะดำเนินการกลับเข้าสู่ขั้นตอนสร้างคำตอบใหม่ของแต่ละรูปแบบวิธีที่ 1 และ 2



	เกชตรกร					ลานเท					โรงงาน	
	1	5	2	4	3	5	4	3	2	1	1	2
ปริมาณ ผลผลิต	14	4	11	4	13	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.276 6	0.282	0.377	0.609	0.910	0.016	0.084	0.044	0.737	0.921	0.841	0.860

ภาพที่ 5.6 การจับคู่เพื่อสลับเปลี่ยนตำแหน่งภายในช่วงของเวกเตอร์เกชตรกร

	เกชตรกร					ลานเท					โรงงาน	
	3	5	2	4	1	5	4	3	2	1	1	2
ปริมาณ ผลผลิต	13	4	11	4	14	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.266	0.282	0.377	0.609	0.910	0.016	0.084	0.044	0.737	0.921	0.841	0.860

ภาพที่ 5.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสลับเปลี่ยนตำแหน่งในช่วงของเวกเตอร์

5.2.2 การเข้าสู่กระบวนการมิวเตชัน (Mutation)

กระบวนการมิวเตชัน (Mutation) เป็นการปรับค่าเปลี่ยนค่าพิกัดของเวกเตอร์ด้วยสมการในการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ เป็นการสุ่มค่า $X_{r_1,j,G}$, $X_{r_2,j,G}$, $X_{r_3,j,G}$ อยู่ในช่วงของจำนวนประชากรที่สร้างขึ้นมา NP1-NP5 เพื่อเข้าสู่สมการ (5.1) และกำหนดค่า $F = 2.0$ (Qin and et al, 2009; Sethanan and Pitakaso, 2016)

$$V_{i,j,G} = X_{r_1,j,G} + F(X_{r_2,j,G} - X_{r_3,j,G})$$

โดยสมมติว่า ค่า $X_{r_1,j,G}$ ได้ค่าพิกัดเวกเตอร์ NP2

ค่า $X_{r_2,j,G}$ ได้ค่าพิกัดเวกเตอร์ NP3 และ

ค่า $X_{r_3,j,G}$ ได้ค่าพิกัดเวกเตอร์ NP4

จะได้ผลลัพธ์จากการใช้สมการการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.13 การปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ตามสมการ (5.1)

เวกเตอร์	เกษตรกร					ลานเท					โรงงาน	
ชุดสุ่มค่า และ F	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
$X_{r_1,j,G}$	0.697	0.127	0.694	0.789	0.586	0.315	0.020	0.972	0.964	0.552	0.061	0.382
F	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$X_{r_2,j,G}$	0.978	0.810	0.402	0.422	0.166	0.891	0.867	0.230	0.818	0.120	0.281	0.793
$X_{r_3,j,G}$	0.897	0.642	0.677	0.849	0.986	0.064	0.348	0.664	0.590	0.946	0.056	0.367
Mutant v.	0.859	0.463	0.144	-0.065	-1.054	1.969	1.058	0.104	1.42	-1.1	0.511	1.234

การปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ของ NP2 – NP5 จะดำเนินการตามกระบวนการมิมิตชันเหมือนกับ NP1 แต่จะมีความแตกต่างกันในพิกัดเวกเตอร์ $X_{r_1,j,G}$, $X_{r_2,j,G}$, $X_{r_3,j,G}$ ที่ไม่เหมือนกัน ต่อจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการต่อไป

5.2.3 กระบวนการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ (Recombination)

การเข้าสู่วิธีการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ (recombination) ด้วยสมการที่ 5.2 ระหว่าง target vector ของ NP ปัจจุบัน ในที่นี้ คือ NP1 กับ mutant vector ที่สร้างขึ้นมาเฉพาะในส่วน of NP1 โดยกำหนดค่า $Cr = 0.8$ (Qin and et al, 2009; Sethanan and Pitakaso, 2016)

$$U_{i,j,G} = \begin{cases} V_{i,j,G} & \text{if } rand_{i,j} \leq Cr \text{ or } j = Irand \\ X_{i,j,G} & \text{if } rand_{i,j} > Cr \text{ or } j \neq Irand \end{cases}$$

ตารางที่ 5.14 รูปแบบการแลกเปลี่ยนค่าในแต่ละพิกัดเวกเตอร์

ชุดเปลี่ยน ค่าพิกัด	เกษตรกร					ลานเท					โรงงาน	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
NP1 ปัจจุบัน	0.266	0.377	0.910	0.609	0.282	0.921	0.737	0.044	0.084	0.016	0.841	0.860
Cr	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ชุดเลขสุ่ม	0.15	0.77	0.88	0.95	0.84	0.47	0.20	0.80	0.52	0.51	0.50	0.28
Mutant v.	0.859	0.463	0.144	-0.065	-1.054	1.969	1.058	0.104	1.42	-1.1	0.511	1.234
ผลลัพธ์	0.859	0.463	0.910	0.609	0.282	1.969	1.058	0.044	1.42	-1.1	0.511	1.234

รูปแบบการทำงานในกระบวนการนี้จะเริ่มจากการเปรียบเทียบในช่อง array หรือคอลัมน์เดียวกันเท่านั้น โดยจะใช้ค่า Cr ที่กำหนดให้มาเท่ากับ 0.8 ทำการเปรียบเทียบชุดเลขสุ่มที่สร้างขึ้นใหม่ ถ้าค่าเลขสุ่มน้อยกว่า Cr จะเลือกค่า mutant vector หรืออย่างอื่นจะเลือกค่า target vector ดังตัวอย่างในคอลัมน์ที่ในตำแหน่งที่ 1 ของเกษตรกร มีค่าเลขสุ่มเท่ากับ 0.15 ซึ่งน้อยกว่าค่า Cr จะทำการเลือกค่า mutant vector ที่มีค่าเท่ากับ 0.859 แทนเป็นค่าในพิกัดเวกเตอร์ และจะพิจารณาเช่นนี้จนกระทั่งครบทุกช่องของ array ของขนาดเวกเตอร์ และขั้นตอนนี้ NP2 – NP5 ก็จะทำเหมือนกัน ซึ่งเราจะได้ชุดของผลต่างใหม่ เรียกว่า trial vector ของแต่ละ

NP1 – NP5 ดังตารางที่ 5.15 เป็นการแสดงค่าฟังก์ชันของแต่ละเวกเตอร์ที่ได้ผ่านกระบวนการมิวเทชัน การแลกเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันเวกเตอร์ ตามลำดับ ของแต่ละ NP1 – NP5

ตารางที่ 5.15 Trial vector ของแต่ละ NP1 – NP5

Trial Vector	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานเทและขีดจำกัดในรับผลผลิต					โรงงานและขีดจำกัด	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
	14	11	13	4	4	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.393	0.402	1.251	1.030	0.321	1.048	0.864	0.171	0.211	0.363	0.968	0.987
NP2	0.824	0.152	1.035	1.210	0.625	0.442	0.147	1.099	1.091	0.899	0.188	0.509
NP3	1.105	0.835	0.743	0.843	0.205	1.018	0.994	0.357	0.945	0.467	0.408	0.920
NP4	1.024	0.667	1.018	1.270	1.025	0.191	0.475	0.791	0.717	1.293	0.183	0.494
NP5	0.508	0.104	0.840	1.040	0.376	0.154	0.681	0.355	0.915	0.876	1.036	0.365

ต่อจากนั้นจะดำเนินการสร้างคำตอบตามรูปแบบการถอดรหัสวิธีที่ 1 หรือวิธีที่ 2 หรืออาจจะเป็นการใช้ทั้ง 2 รูปแบบวิธีการถอดรหัสเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

5.2.4 การคัดเลือก (Selection)

ดำเนินการคัดเลือก (Selection) สายพันธุ์ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดระหว่าง target vector และ trial vector ด้วยสมการที่ (5.3) เพื่อให้ได้ generation รุ่นถัดไป

$$X_{i,j,G+1} = \begin{cases} U_{i,j,G} & \text{if } f(U_{i,j,G}) \leq f(X_{i,j,G}) \\ X_{i,j,G} & \text{otherwise} \end{cases}$$

ซึ่งการเปรียบเทียบจะเป็นระหว่างค่าของ target vector ของ NP_i และ trial vector ของ NP_i ในตำแหน่งเดียวกัน อย่างเช่น target vector NP1 จะทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบกับ trial vector NP'1 ถ้าผลลัพธ์คำตอบ

target vector NP1 < trial vector NP'1 จะเลือกใช้ชุด target vector (เป็นชุด vector NP1)

target vector NP1 > trial vector NP'1 จะเลือกใช้ชุด trial vector (เป็นชุด vector NP'1)

ผลลัพธ์คำตอบที่ได้จากการถอดรหัสตามรูปแบบวิธีที่ 1 ที่จะแสดงให้เห็นการดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างค่าของ target vector (ค่าผลลัพธ์จากถอดรหัสจากตารางที่ 5.1) ของ NP_i และ trial vector ของ NP_i ในตำแหน่งเดียวกัน ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 การดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างคู่ของ target vector ของ NP_i และ trial vector ของ NP_i Trial vector ของแต่ละ $NP1 - NP5$

target vector		trial vector		Selection		
ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์คำตอบ	ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์คำตอบ	ชุดเวกเตอร์ที่ ถูกเลือก	ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์คำตอบ
NP1	17.5632×10^6	NP1 [*]	17.8545×10^6	target vector	NP1	17.5632×10^6
NP2	18.0281×10^6	NP2 [*]	18.0406×10^6	target vector	NP2	18.0281×10^6
NP3	17.8372×10^6	NP3 [*]	$17,8398 \times 10^6$	target vector	NP3	17.8372×10^6
NP4	18.0489×10^6	NP4 [*]	18.1054×10^6	target vector	NP4	18.0489×10^6
NP5	17.8893×10^6	NP5 [*]	17.8810×10^6	trial vector	NP5 [*]	17.8810×10^6

ต่อจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปในการเก็บค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละชุดคำตอบของประชากรที่เกิดขึ้นในรอบนี้

5.2.5 การเก็บค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละชุดคำตอบของกลุ่มประชากร

ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากผลลัพธ์คำตอบของแต่ละ NP โดยชุดคำตอบที่ดีที่สุด 1 ค่า เพื่อเปรียบเทียบชุดผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดก่อนหน้านี้ จากการสร้างคำตอบเริ่มต้นผลลัพธ์ของ NP1 ที่มีค่าเท่า 17.5632×10^6 บาท จะเป็นค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อผ่านกระบวนการ Selection และยังเป็นค่าผลลัพธ์คำตอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบในการดำเนินการวนซ้ำในการหาคำตอบในรอบถัดไปของการพัฒนาหาคำตอบตามวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง โดยชุดคำตอบใหม่จะต้องให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีกว่าค่าเดิม (ต่ำสุด) ก็จะทำให้การเปลี่ยนค่าชุดคำตอบใหม่เป็น Global Optimum แต่ถ้าไม่หาคำตอบที่ดีกว่า ก็ยังเป็นชุดคำตอบเดิม และเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการคัดเลือกในหัวข้อที่ 5.2.4 จะได้ target vector ในรอบต่อไป ดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 target vector ในรอบที่ 2

	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานเทและ ขีดจำกัดในรับผลผลิต					โรงงานและ ขีดจำกัด	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
	14	11	13	4	4	20	20	20	20	20	35	35
NP1	0.266	0.377	0.910	0.609	0.282	0.921	0.737	0.044	0.084	0.016	0.841	0.860
NP2	0.697	0.127	0.694	0.789	0.586	0.315	0.020	0.972	0.964	0.552	0.061	0.382
NP3	0.978	0.810	0.402	0.422	0.166	0.891	0.867	0.230	0.818	0.120	0.281	0.793
NP4	0.897	0.642	0.677	0.849	0.986	0.064	0.348	0.664	0.590	0.946	0.056	0.367
NP5	0.508	0.104	0.840	1.040	0.376	0.154	0.681	0.355	0.915	0.876	1.036	0.365

5.2.6 การวนซ้ำ (Iteration)

การวนซ้ำ (iteration) ตรวจสอบว่าการทำงานครบตามจำนวนรอบตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่ครบก็กลับเข้าสู่ขั้นตอนมิวเตชันในขั้นตอนที่ 5.2.2 และเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันฟิตเนสในขั้นตอนที่ 5.2.3 ต่อจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกตามขั้นตอนที่ 5.2.4 ต่อจากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดกับคำตอบเดิมและผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดของชุดคำตอบใหม่ เก็บผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตามขั้นตอนที่ 5.2.5 จนกว่าจะครบตามเงื่อนไข ถือว่าสิ้นสุดการทำงานและรายงานผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด

5.3 ผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างการทดลองด้วยวิธีการถอดรหัสทั้ง 2 วิธีการ

ด้วยตัวอย่างการทดลองที่สร้างขึ้นมามีขนาดการทดลองด้วยกัน 5 ขนาด ซึ่งแต่ละขนาดได้ออกแบบในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ดังที่ได้แสดงผลลัพธ์คำตอบการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ในตารางที่ 4.1 – 4.25 จะนำมาเปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาโดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างและมีรูปแบบวิธีการถอดรหัส 2 วิธีการดังที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้น

การเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบตามรูปแบบวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่าง ผู้วิจัยยังคงไว้ซึ่ง ค่า F เท่ากับ 2.0 ในสมการที่ (5.1) และค่า Cr เท่ากับ 0.8 ในสมการที่ (5.2) ในขั้นตอนกระบวนการมิวเตชันและขั้นตอนการแลกเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันฟิตเนส ตามรูปแบบผลงานวิจัยของ Qin และคณะ, 2009, Sethanan และ Pitakaso., 2016 และในส่วนของกำหนัดจำนวนประชากรในการสร้างคำตอบ (NP) และจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ (Iteration) ในการปรับค่าทั้งสองให้มีความเหมาะสมต่อการหาผลลัพธ์คำตอบและการใช้ทรัพยากรจากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ เราได้กำหนดจำนวนประชากรในการสร้างคำตอบเท่ากับ 5, 10, 20, 50 และ 100 และจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบเท่ากับ 100, 500, 1,000, 2,000, 5,000 และ 10,000 รอบ ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้งการทดลอง ด้วยโปรแกรม MIMITAB V.14 ตามข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้

โดยกำหนดให้

- NP₁ เป็นตัวแทนการใช้ประชากรในการสร้างคำตอบ 5 จำนวนประชากร
- NP₂ เป็นตัวแทนการใช้ประชากรในการสร้างคำตอบ 10 จำนวนประชากร
- NP₃ เป็นตัวแทนการใช้ประชากรในการสร้างคำตอบ 20 จำนวนประชากร
- NP₄ เป็นตัวแทนการใช้ประชากรในการสร้างคำตอบ 50 จำนวนประชากร
- NP₅ เป็นตัวแทนการใช้ประชากรในการสร้างคำตอบ 100 จำนวนประชากร และ
- iteratinion₁ เป็นตัวแทนจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ 100 รอบ ตามวิธีการของ DE
- iteratinion₂ เป็นตัวแทนจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ 500 รอบ ตามวิธีการของ DE
- iteratinion₃ เป็นตัวแทนจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ 1,000 รอบ ตามวิธีการของ DE
- iteratinion₄ เป็นตัวแทนจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ 2,000 รอบ ตามวิธีการของ DE
- iteratinion₅ เป็นตัวแทนจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ 5,000 รอบ ตามวิธีการของ DE
- iteratinion₆ เป็นตัวแทนจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ 10,000 รอบ ตามวิธีการของ DE

ข้อสมมติฐานการหาคำตอบ

ผลที่เกิดจากปัจจัยจำนวนประชากรในการสร้างคำตอบ NP

$H_0 : NP_1 = NP_2 = \dots = NP_5 =$ ให้ผลลัพธ์คำตอบเท่ากัน

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ที่ให้ผลลัพธ์คำตอบไม่เท่ากัน

ผลที่เกิดจากปัจจัยจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ Iteration

$H_0 : iteration_1 = iteration_2 = \dots = iteration_6 =$ ให้ผลลัพธ์คำตอบเท่ากัน

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ที่ให้ผลลัพธ์คำตอบไม่เท่ากัน

ผลอันตรกิริยาที่เกิดระหว่างปัจจัย NP และ iteration

$H_0 : (NP_i)(iteration_j) =$ ให้ผลลัพธ์คำตอบเท่ากัน $\forall i,j$

เมื่อ $NP_i = NP_1, NP_2, \dots, NP_5$ และ

$iteration_j = iteration_1, iteration_2, \dots, iteration_6$

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ที่ให้ผลลัพธ์คำตอบไม่เท่ากัน

และข้อสมมติฐานการใช้เวลาหาคำตอบ

ผลที่เกิดจากปัจจัยจำนวนประชากรในการสร้างคำตอบ NP

$H_0 : NP_1 = NP_2 = \dots = NP_5 =$ ใช้เวลาหาคำตอบเท่ากัน

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ที่ใช้เวลาหาคำตอบไม่เท่ากัน

ผลที่เกิดจากปัจจัยจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ Iteration

$H_0 : iteration_1 = iteration_2 = \dots = iteration_6 =$ ใช้เวลาหาคำตอบเท่ากัน

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ที่ใช้เวลาหาคำตอบไม่เท่ากัน

ผลอันตรกิริยาที่เกิดระหว่างปัจจัย NP และ iteration

$H_0 : (NP_i)(iteration_j) =$ ใช้เวลาหาคำตอบเท่ากัน $\forall i,j$

เมื่อ $NP_i = NP_1, NP_2, \dots, NP_5$ และ

$iteration_j = iteration_1, iteration_2, \dots, iteration_6$

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ที่ใช้เวลาหาคำตอบไม่เท่ากัน

ด้วยการใช้ Ins 5.1.1 เป็นตัวแทนการทดสอบด้านสถิติ และผลลัพธ์ที่ได้ ดังภาพที่ 5.8 และภาพที่ 5.9 ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้จำนวนประชากรและจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบทั้งในส่วนข้อสมมติฐานการหาคำตอบและการใช้เวลาหาคำตอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เนื่องจาก $F = 36.87, 21.79$ และ 14.47 ทั้งในส่วนของ NP iteration และ interaction ตามลำดับ และ p -value มีค่าเท่ากับ 0.000 ในข้อสมมติฐานที่ 1 และในสมมติฐานที่ 2 เนื่องจาก $F = 79,489.50, 105,021.84$ และ $20,446.78$ ในส่วนของ NP iteration และ interaction ตามลำดับ และ p -value ค่าเท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า จำนวนประชากรสร้างคำตอบและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จะต้องมีการปรับขนาดจำนวนประชากรและจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ จึงจะได้คุณภาพคำตอบที่ดีและเวลาที่ใช้อย่างเหมาะสม

Two-way ANOVA: result versus NP, iteration					
Source	DF	SS	MS	F	P
NP	4	5.46647E+09	1366617637	36.87	0.000
iteration	5	4.03858E+09	807715944	21.79	0.000
Interaction	20	1.07234E+10	536169681	14.47	0.000
Error	270	1.00072E+10	37063719		
Total	299	3.02356E+10			

ภาพที่ 5.8 ผลการทดสอบด้านสถิติในการสร้างคุณภาพคำตอบของจำนวนประชากรและจำนวนรอบการวนซ้ำหาคำตอบ

Two-way ANOVA: time versus NP, iteration					
Source	DF	SS	MS	F	P
NP	4	923.42	230.855	79498.50	0.000
iteration	5	1524.86	304.971	105021.84	0.000
Interaction	20	1187.50	59.375	20446.78	0.000
Error	270	0.78	0.003		
Total	299	3636.56			

ภาพที่ 5.9 ผลการทดสอบด้านสถิติด้านเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของใช้จำนวนประชากรและจำนวนรอบการวนซ้ำหาคำตอบ

ซึ่งเหตุผลดังสมมติฐานที่ได้แสดงไว้ในข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าจำนวนประชากรในการสร้างคำตอบ (NP) และจำนวนการวนซ้ำหาคำตอบ (iteration) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับผลลัพธ์ที่ได้เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์คำตอบการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 และเวลาในการหาคำตอบของแต่ละสถานการณ์ตามขนาดของจำนวนของเกษตรกรทั้ง 5 ขนาด จะทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้งของแต่ละวิธีการถดถอย โดยนำผลการทดลองจะนำเสนอตารางที่ 5.18 – 5.22 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.18 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการ
 ถอดรหัสเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO
 V.11 ของจำนวนเกชตร n=5 ราย โดยกำหนดค่า NP = 20 Iteration = 1,000 รอบ

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 5.1.1	17,563,210	00:00:38	17,563,210	0.405	17,563,210	0.418	17,563,210	0.421	17,563,210	0.486
Ins. 5.1.2	6,180,076	00:00:06	6,180,076	0.374	6,180,076	0.386	6,180,076	0.405	6,180,076	0.492
Ins. 5.1.3	6,215,495	00:00:31	6,215,495	0.390	6,215,495	0.449	6,215,495	0.390	6,215,495	0.464
Ins. 5.2.1	17,756,540	00:00:54	17,756,540	0.390	17,756,540	0.411	17,756,540	0.420	17,756,540	0.464
Ins. 5.2.2	11,780,130	00:00:14	11,802,620	0.374	11,802,620	0.393	11,802,620	0.390	11,802,620	0.424
Ins. 5.2.3	11,780,010	00:00:24	11,806,850	0.421	11,806,850	0.424	11,806,846	0.452	11,806,846	0.502
Ins. 5.3.1	17,481,870	00:00:49	17,481,870	0.374	17,483,340	0.427	17,481,870	0.405	17,481,870	0.449
Ins. 5.3.2	11,686,020	00:00:20	11,686,020	0.358	11,686,020	0.418	11,686,020	0.374	11,686,020	0.443
Ins. 5.3.3	11,686,020	00:00:41	11,686,020	0.374	11,690,268	0.396	11,686,020	0.390	11,686,020	0.461
Ins. 5.4.1	17,419,180	00:00:42	17,424,440	0.405	17,426,040	0.464	17,424,440	0.405	17,424,440	0.461
Ins. 5.4.2	5,892,762	00:00:04	5,892,762	0.390	5,892,762	0.424	5,892,762	0.390	5,892,762	0.433
Ins. 5.4.3	5,892,012	00:00:01	5,892,012	0.405	5,892,012	0.433	5,892,012	0.421	5,892,012	0.474
Ins. 5.5.1	23,137,570	00:03:03	23,139,310	0.374	23,141,830	0.455	23,139,310	0.390	23,139,897	0.471
Ins. 5.5.2	11,572,710	00:00:43	11,593,650	0.421	11,594,412	0.433	11,593,644	0.374	11,593,644	0.464
Ins. 5.5.3	11,558,210	00:01:02	11,592,570	0.390	11,593,694	0.458	11,592,566	0.421	11,593,128	0.492

ตารางที่ 5.19 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการ
 ถอดรหัสเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO
 V.11 ของจำนวนเกชตร n=10 ราย โดยกำหนดค่า NP=100 Iteration=2,000 รอบ

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 10.1.1	23,165,420	129:39:20	23,224,580	5.834	23,243,780	5.856	23,203,128	6.021	23,223,614	6.080
Ins. 10.1.2	11,830,830	00:04:58	11,842,180	4.992	11,842,180	5.375	11,842,173	5.538	11,842,173	5.637
Ins. 10.1.3	6,614,473	00:01:36	6,614,473	5.460	6,614,473	5.553	6,614,473	5.647	6,614,473	5.737
Ins. 10.2.1	23,223,900	10:10:33	23,266,300	10.561	23,279,002	11.796	23,274,976	9.812	23,285,148	12.988
Ins. 10.2.2	6,331,655	00:01:08	6,331,655	5.366	6,331,655	5.406	6,331,655	5.444	6,331,655	5.656
Ins. 10.2.3	6,299,044	00:04:28	6,299,044	5.475	6,299,044	5.656	6,299,044	5.834	6,299,044	5.990
Ins. 10.3.1	23,223,900	20:23:26	23,267,830	11.934	23,273,992	12.779	23,259,240	14.024	23,275,282	12.579
Ins. 10.3.2	6,301,195	00:01:31	6,301,195	5.148	6,301,195	5.297	6,301,195	5.366	6,301,195	5.541
Ins. 10.3.3	6,301,195	00:01:33	6,301,195	4.804	6,301,195	4.992	6,301,195	5.132	6,301,195	5.300
Ins. 10.4.1	23,121,100	10:16:11	23,173,060	6.021	23,183,122	5.977	23,147,360	6.146	23,169,202	6.162
Ins. 10.4.2	6,219,999	00:03:24	6,219,999	5.491	6,219,999	5.637	6,219,999	5.740	6,219,999	5.781
Ins. 10.4.3	6,235,988	00:06:25	6,235,988	5.631	6,235,988	5.800	6,235,988	5.787	6,235,988	5.949
Ins. 10.5.1	23,077,430	00:14:49	23,119,930	38.298	23,137,464	33.299	23,133,154	36.722	23,138,823	31.368
Ins. 10.5.2	11,636,140	00:02:37	11,639,002	5.444	11,659,838	5.628	11,639,002	5.787	11,651,859	5.912
Ins. 10.5.3	11,629,100	00:17:24	11,629,100	5.475	11,644,972	5.584	11,635,935	5.440	11,655,002	5.800

ตารางที่ 5.20 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการ
 ถอดรหัสเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO
 V.11 ของจำนวนเกชตร n=20 ราย โดยกำหนดค่า NP=100 Iteration=5,000 รอบ

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 20.1.1	34,702,830	250:10:54	35,124,420	30.139	35,138,032	31.939	35,115,150	32.484	35,142,538	32.511
Ins. 20.1.2	7,237,587	00:13:45	7,237,587	25.084	7,237,587	25.418	7,237,587	26.005	7,237,587	26.591
Ins. 20.1.3	7,104,714	00:10:50	7,104,714	26.333	7,104,714	26.663	7,104,714	26.613	7,104,714	27.537
Ins. 20.2.1	34,803,430	250:02:17	35,122,190	31.418	35,148,780	34.142	35,111,494	35.359	35,163,378	35.394
Ins. 20.2.2	11,993,320	00:50:20	12,018,194	25.131	12,034,166	25.477	12,044,706	27.440	12,051,546	27.200
Ins. 20.2.3	6,734,272	00:15:42	6,734,272	25.521	6,734,272	25.789	6,734,272	26.863	6,738,652	27.246
Ins. 20.3.1	34,734,070	249:38:01	34,999,900	29.827	35,047,578	30.101	35,012,725	31.917	35,046,446	31.178
Ins. 20.3.2	6,893,525	00:29:51	6,893,525	24.507	6,893,525	25.106	6,893,525	25.724	6,893,525	26.058
Ins. 20.3.3	7,163,715	00:28:35	7,163,715	25.194	7,163,715	26.261	7,163,715	26.208	7,177,361	26.697
Ins. 20.4.1	23,229,770	00:17:14	29,174,560	28.142	29,187,155	28.298	29,151,349	29.437	29,182,303	29.412
Ins. 20.4.2	6,577,674	00:29:34	6,577,674	24.133	6,577,674	24.679	6,577,674	24.897	6,577,674	25.527
Ins. 20.4.3	6,540,678	00:07:56	6,540,678	25.006	6,540,678	25.215	6,540,678	25.615	6,540,678	26.254
Ins. 20.5.1	34,678,380	249:54:19	35,052,944	29.920	35,067,854	29.777	35,007,889	30.560	35,056,225	30.853
Ins. 20.5.2	6,848,688	00:10:36	6,848,688	24.398	6,848,688	25.190	6,848,688	25.443	6,848,688	25.896
Ins. 20.5.3	6,915,685	00:21:24	6,915,685	25.948	6,915,685	26.984	6,915,685	26.254	6,915,685	27.094

ตารางที่ 5.21 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการ
 ถอดรหัสเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO
 V.11 ของจำนวนเกชตร n=50 ราย โดยกำหนดค่า NP=100 Iteration=5,000 รอบ

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 50.1.1	23,672,990	250:20:17	30,384,230	84.848	30,497,106	84.896	30,497,789	89.840	30,556,774	88.913
Ins. 50.1.2	7,922,536	00:49:36	7,922,536	78.717	7,922,536	79.425	7,929,661	85.535	7,935,361	83.464
Ins. 50.1.3	8,103,295	03:49:06	8,103,295	77.432	8,103,295	77.800	8,134,245	75.363	8,137,340	77.585
Ins. 50.2.1	35,007,000	250:35:43	36,221,735	87.235	36,309,271	87.503	36,203,694	91.400	36,269,524	91.500
Ins. 50.2.2	7,914,427	90:15:17	7,914,427	69.319	7,914,427	76.206	7,917,213	79.497	7,917,213	81.778
Ins. 50.2.3	8,644,441	73:06:53	8,644,441	81.385	8,644,441	82.982	8,678,737	79.076	8,678,737	83.878
Ins. 50.3.1	23,617,440	250:41:12	30,365,527	81.354	30,419,020	79.691	30,458,920	80.574	30,489,077	79.482
Ins. 50.3.2	8,535,327	20:21:59	8,535,327	79.591	8,535,327	80.904	8,562,539	85.472	8,562,539	85.953
Ins. 50.3.3	7,857,692	05:44:09	7,857,692	80.327	7,857,692	82.119	7,869,399	82.165	7,869,399	86.143
Ins. 50.4.1	23,669,640	250:47:30	30,489,137	76.658	30,521,959	79.223	30,416,571	87.578	30,517,583	82.948
Ins. 50.4.2	8,071,746	01:06:40	8,071,746	71.198	8,071,746	75.463	8,079,351	70.870	8,079,351	77.510
Ins. 50.4.3	8,046,561	17:46:25	8,046,561	77.641	8,046,561	81.943	8,057,079	83.475	8,059,182	86.266
Ins. 50.5.1	29,299,820	250:55:11	30,500,774	74.755	30,560,242	74.433	30,562,098	78.210	30,595,107	80.168
Ins. 50.5.2	7,920,928	01:35:00	7,920,928	67.033	7,920,928	67.835	7,943,338	71.004	7,945,579	71.803
Ins. 50.5.3	8,208,933	00:04:34	8,208,933	80.308	8,208,933	81.525	8,211,438	77.463	8,211,438	83.489

ตารางที่ 5.22 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างจาก 2 วิธีการ
 ถอดรหัสเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบจากทำงานของโปรแกรม LINGO
 V.11 ของจำนวนเกชตร $n = 100$ ราย โดยกำหนดค่า $NP = 100$, $Iteration = 10,000$ รอบ

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ช:ม:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 100.1.1	48,952,380	245:17:09	50,361,780	389.834	50,545,359	386.145	50,698,671	481.693	50,791,822	459.201
Ins. 100.1.2	19,736,330	150:03:49	15,725,460	497.600	15,999,045	431.992	15,766,236	2163.66	15,938,937	838.65
Ins. 100.1.3	26,240,320	09:15:26	15,454,466	492.654	15,698,968	436.959	15,608,897	529.178	15,768,449	946.837
Ins. 100.2.1	54,442,200	245:26:38	55,828,156	407.209	56,042,983	403.036	56,166,299	408.224	56,215,375	416.220
Ins. 100.2.2	14,178,920	214:34:46	14,882,419	398.567	15,223,996	380.876	15,140,770	421.191	15,272,329	401.273
Ins. 100.2.3	14,759,630	241:35:33	15,843,123	439.786	17,044,923	405.010	16,155,906	433.693	16,401,701	424.814
Ins. 100.3.1	47,448,990	245:35:14	50,121,783	312.566	50,334,822	303.697	50,248,191	314.339	50,446,351	312.194
Ins. 100.3.2	14,866,350	241:22:24	14,887,502	325.019	15,024,844	325.019	15,157,055	370.426	15,427,840	319.182
Ins. 100.3.3	19,234,230	241:30:06	21,024,518	306.910	21,155,133	298.559	21,194,535	291.019	21,396,382	295.616
Ins. 100.4.1	47,786,900	245:34:49	49,949,669	329.238	50,046,386	329.723	49,904,282	321.332	50,101,566	327.760
Ins. 100.4.2	19,194,060	241:40:42	15,174,989	361.442	15,334,723	353.551	15,012,017	380.536	15,172,632	381.910
Ins. 100.4.3	18,759,300	241:57:37	20,727,814	342.660	20,821,599	338.482	20,701,511	358.504	20,958,972	341.520
Ins. 100.5.1	54,959,840	245:39:33	55,960,913	444.958	56,079,923	429.116	55,961,140	334.613	56,195,814	335.469
Ins. 100.5.2	19,216,460	202:19:56	21,336,406	376.906	21,554,083	448.938	21,202,932	305.957	21,555,799	305.062
Ins. 100.5.3	19,107,460	202:17:50	16,171,997	355.035	16,775,631	436.479	16,033,498	376.426	17,720,227	339.560

5.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างที่นำเสนอ 2 วิธีการ
 ถอดรหัส ในที่นี้ เราขอแทนชื่อความหมายของวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1
 และการถอดรหัสวิธีที่ 2 ด้วย DE1 และ DE2 ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ใน 2 อัลกอริทึมจะทำการ
 เปรียบเทียบกับการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ด้วยการทดสอบค่าทางสถิติ One way
 ANOVA มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้

H_0 : $LINGO = DE1 = DE2$ = มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ไม่แตกต่างกัน

H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่แตกต่างกัน

ด้วยการยกตัวอย่างในตารางที่ 5.18 ของคำตอบที่ดีที่สุดทั้ง 2 อัลกอริทึมเปรียบเทียบตาม
 สมมติฐานดังภาพที่ 5.10 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในประสิทธิภาพการหา
 คำตอบของ DE1 และ DE2 มีประสิทธิภาพเท่ากับวิธีการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 เนื่องจาก
 $F = 0.00$ และ $p - value$ เท่ากับ 1.000 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

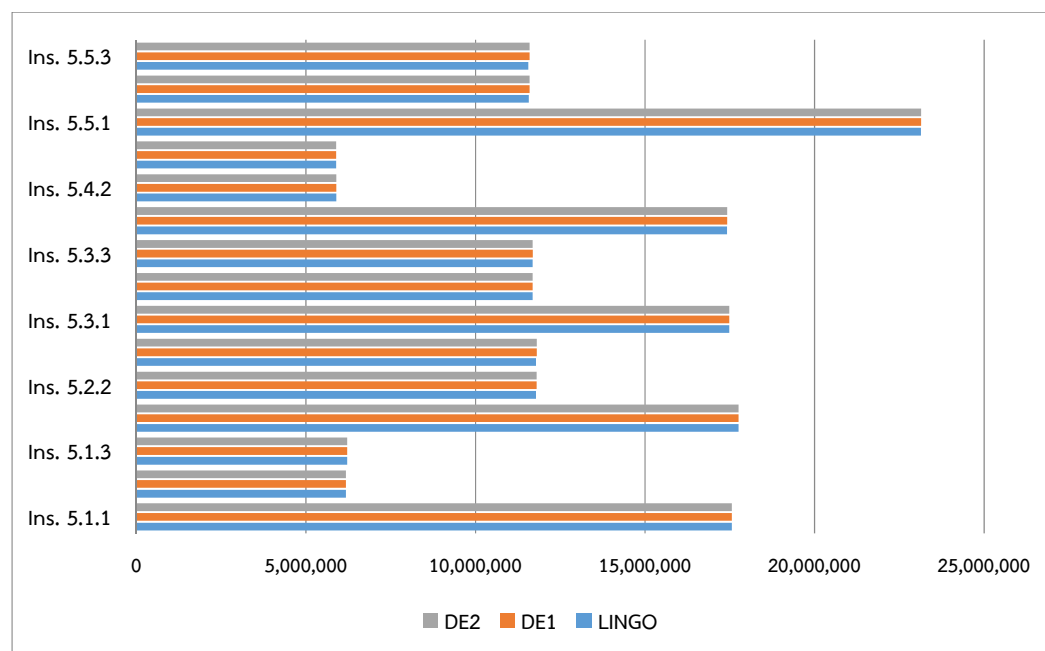
Analysis of Variance for result, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
methode	2	553764190	553764190	276882095	0.00	1.000
Error	42	1.15875E+15	1.15875E+15	2.75894E+13		
Total	44	1.15875E+15				

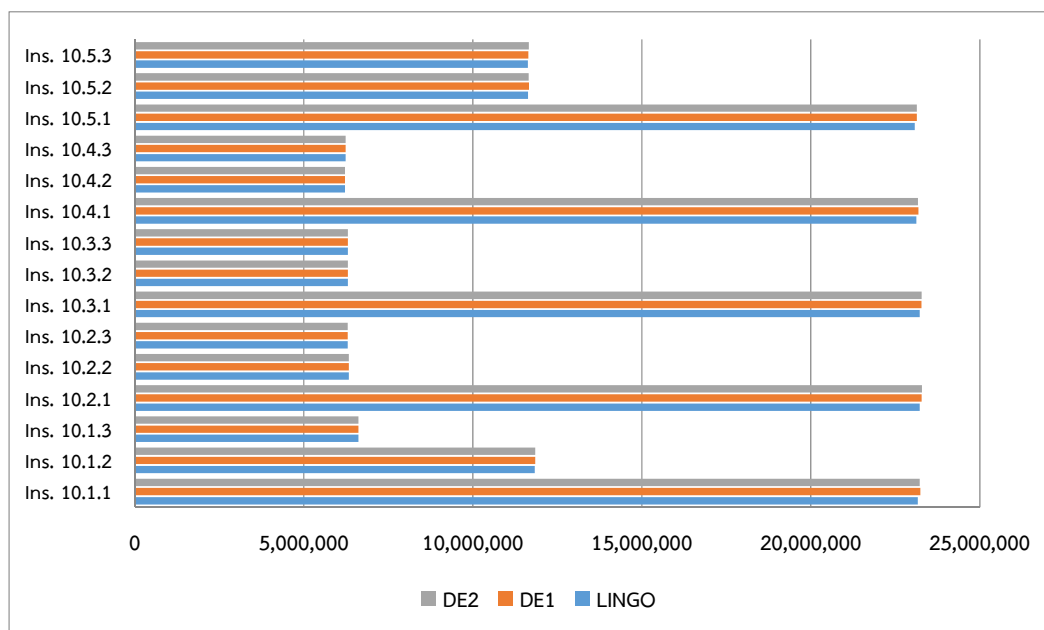
S = 5252558 R-Sq = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%

ภาพที่ 5.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบทางด้านสถิติของตารางที่ 5.18

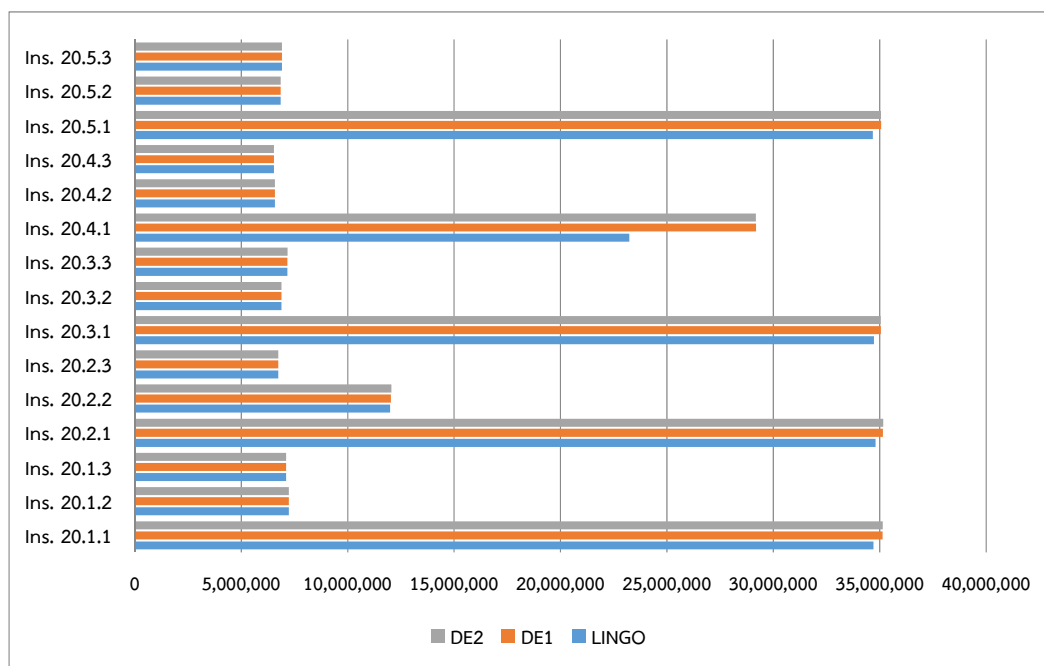
อย่างไรก็ตามผลเฉลยคำตอบที่ได้จากทำงานของ DE1 และ DE2 ดังที่แสดงในตารางที่ 5.18 – 5.22 เป็นวิธีการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีได้ในหลาย ๆ ตัวอย่างการทดลอง ดังภาพที่ 5.11 – 5.15 และใช้เวลาหาคำตอบจะน้อยกว่าการทำงานของ LINGO V.11 แต่เมื่อเทียบเวลาเฉลยหาคำตอบรวมทั้งหมดของในแต่ละจะพบว่าวิธี DE1 ใช้เวลาน้อยกว่า DE2 ดังภาพที่ 5.16



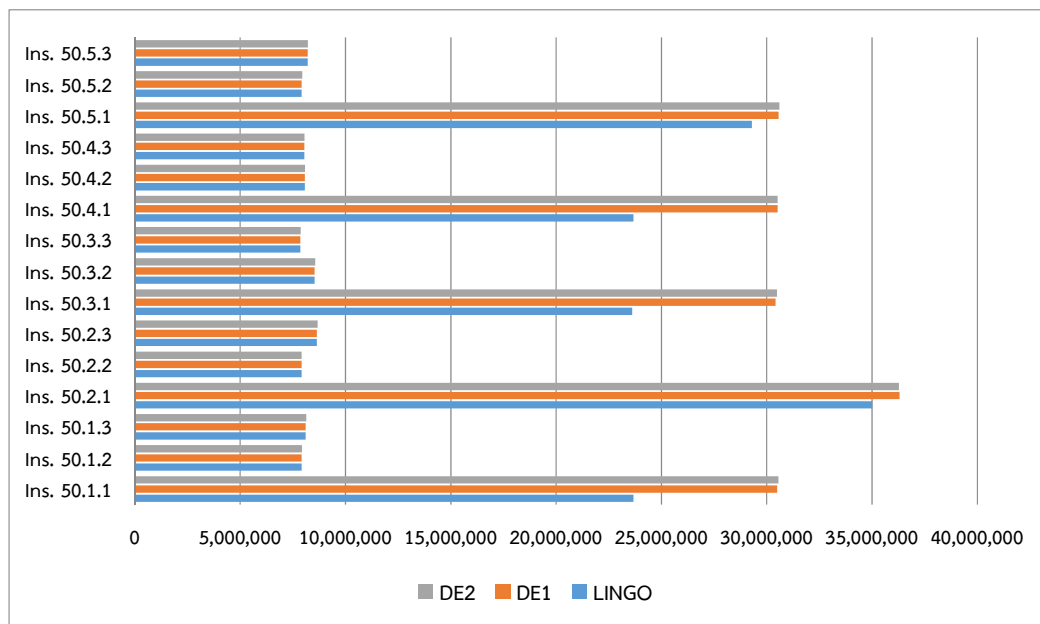
ภาพที่ 5.11 ผลค่าเฉลยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.18



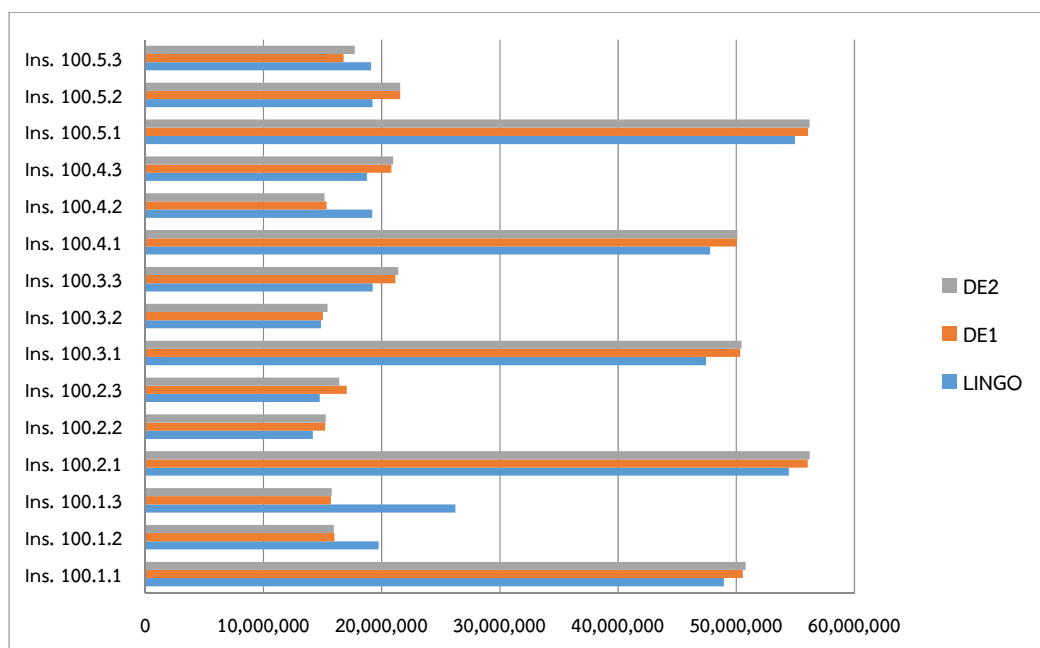
ภาพที่ 5.12 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.19



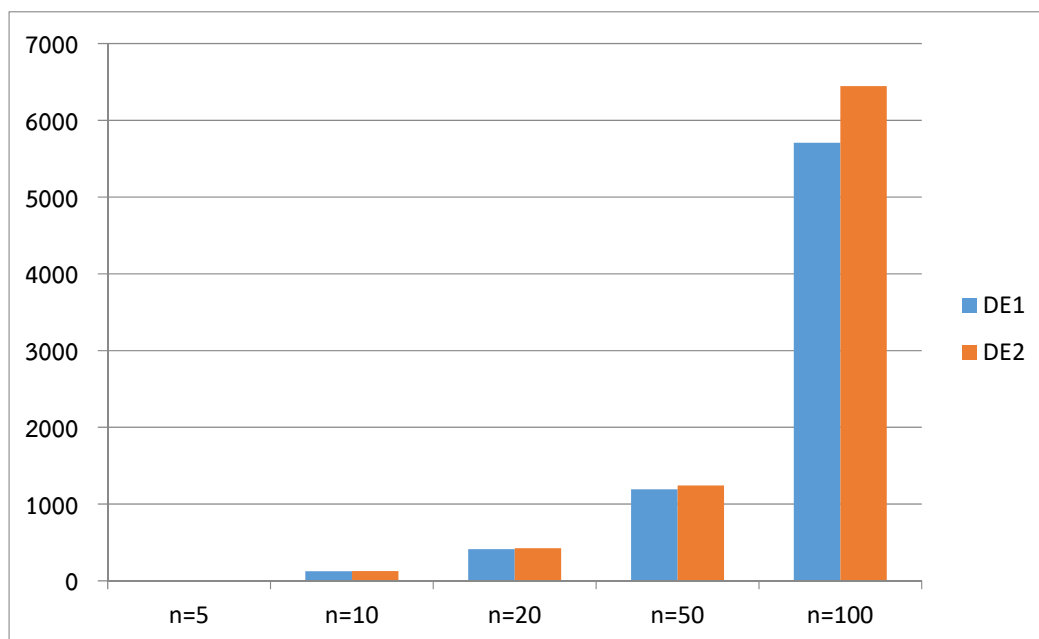
ภาพที่ 5.13 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.20



ภาพที่ 5.14 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.21



ภาพที่ 5.15 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ DE1 DE2 และ LINGO ของตารางที่ 5.22



ภาพที่ 5.16 การเปรียบเทียบเวลาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดของวิธีการหาคำตอบ DE1 และ DE2 ในแต่ละขนาดตัวอย่างการทดลอง

และประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ DE1 และ DE2 ดังที่แสดงใน ภาคผนวก ข ที่ให้คำตอบเท่ากับ LINGO V.11 และให้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่มากกว่า 90% จะมี 70 ตัวอย่างการทดลอง คิดเป็น 93% ของตัวอย่างการทดลองทั้งหมด และนอกจากนั้น ตัวอย่างการทดลองที่ Ins.100.1.2 Ins.100.1.3 Ins.100.4.2 และ Ins.100.5.3 ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีกว่า LINGO V.11 เมื่อทำการหยุดเวลาการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ที่เวลามากกว่า 200 ชั่วโมง ในสถานะคำตอบ feasible solution

บทที่ 6

การโมดิฟายต์ในการสร้างโอกาสของประชากรในการพัฒนาค้นหาคำตอบ ด้วยรูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด

ด้วยประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างดังที่แสดงผลดำเนินการในบทที่ 5 โดยผลลัพธ์คำตอบที่ได้จะเกิดจากการใช้จำนวนของประชากรในการกระจายพื้นที่ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งก็จะมีหลาย ๆ ครั้งที่ประชากรที่ใช้ในการค้นหาคำตอบอาจจะได้ผลลัพธ์คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และไม่สามารถที่หลุดพ้นออกตำแหน่งเดิมที่ค้นหาคำตอบได้ในพื้นที่ใหม่เพื่อให้ได้รับคำตอบที่ดีขึ้นมากกว่าวิธีการค้นหาคำตอบเดิม ผู้วิจัยจึงได้มีการปรับปรุงบางกระบวนการพัฒนาค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุดและอยู่ในช่วงดำเนินการพัฒนาค้นหาคำตอบ โดยการให้ได้รับโอกาสมากขึ้นกว่าเดิมในการค้นหาเพื่อพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้น ซึ่งจะนำเสนอรูปแบบและวิธีการดังต่อไปนี้

6.1 แรบบันดัลในการเพิ่มจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ช่วยค้นหาคำตอบ

เพื่อเป็นการทำให้สมรรถนะของอัลกอริทึมวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างให้ดีขึ้น จากเดิมที่เราได้กำหนดจำนวนประชากร (NP) ในการพัฒนาค้นหาคำตอบและจะถูกคำสั่งให้ทำตามรูปแบบวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างค้นหาคำตอบจนกระทั่งสิ้นสุดเงื่อนไขของการวนซ้ำหาคำตอบ (Iteration) จึงจะแสดงผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งในหลาย ๆ ครั้งของการทดลอง ประชากรหรือ NP ที่ใด ๆ ที่ใช้ในการค้นหาคำตอบและให้ผลลัพธ์คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด ติดกับดักค่าเหมาะสมที่สุดแบบ Local search ทั้ง ๆ ที่ยังไม่ครบจำนวนรอบเงื่อนไขของการวนซ้ำหาคำตอบ และผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังคงอยู่ในสถานะคำตอบที่ดีที่สุดในการค้นหาคำตอบจนกระทั่งสิ้นสุดของคำสั่งเงื่อนไขของการวนซ้ำหาคำตอบ จากประเด็นดังกล่าวเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มโอกาสของประชากรหรือ NP ทำหน้าที่ในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดตลอดการค้นหาจากคำตอบข้างเคียง โดยเทคนิคในการเพิ่มประชากรนี้ จะเป็นการเพิ่มหน่วยความจำให้กับชุดผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดของประชากรหรือ NP ที่ใด ๆ ยังติดกับดัก Local search และให้ผลลัพธ์คำตอบอยู่ที่ค่าเดิมและยังคงเกิดขึ้นซ้ำ ๆ แต่ยังไม่สิ้นสุดของการวนซ้ำหาคำตอบที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งกรณีนี้จะถูกตั้งเงื่อนไขให้มีการเพิ่มจำนวนประชากรที่ใช้ค้นหาพัฒนาคำตอบในเฉพาะเวกเตอร์ของประชากรที่ยังคงอยู่ในสถานะคำตอบที่ดีที่สุด โดยมีวิธีการเพิ่มจำนวนของประชากรในเฉพาะชุดเวกเตอร์ของประชากรดังสมการต่อไปนี้

$$Pop_{gr} = \underbrace{\left(\frac{N_{pop}}{2} (Npop + 1)\right)}_{\text{จำนวนประชากรที่เพิ่ม}} + \underbrace{\left(\frac{N_{pop}}{2} (Npop - 1)\right)}_{\text{จำนวนประชากรที่ลด}} \quad (6.1)$$

กำหนดให้

Pop_{gr} = จำนวนของการเติบโตประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการค้นหาคำตอบเฉพาะชุด
เวกเตอร์ของประชากร

N_{pop} = จำนวนของประชากรเริ่มต้นที่ใช้ค้นหาคำตอบ

โดยสมมติจากตัวอย่างการสร้างคำตอบเริ่มต้นในข้อที่ 5.2.1 จำนวนของประชากรที่ใช้กำหนดให้ NP เท่ากับ 5 ดังนั้นจำนวนที่ใช้ในการเติบโตของประชากรทั้งหมดที่จะใช้ค้นหาคำตอบเฉพาะชุดเวกเตอร์ของประชากร จะได้เท่ากับ

$$Pop_{gr} = \left(\frac{5}{2}(5+1)\right) + \left(\frac{5}{2}(5-1)\right) = 25$$

6.2 รูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ช่วยค้นหาคำตอบ

เมื่อได้จำนวนการเติบโตประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการค้นหาคำตอบเฉพาะชุดเวกเตอร์ของประชากรจะเป็นการกำหนดจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเฉพาะเวกเตอร์ที่ดีที่สุด ดังสมการ (6.2)

$$L_{pop} = (N_{pop} \times 2) - 1 \quad (6.2)$$

กำหนดให้

L_{pop} = จำนวนรอบที่ใช้ในการค้นหาคำตอบเฉพาะชุดเวกเตอร์ของประชากร

ดังนั้น ระดับชั้นที่ใช้ในครั้งนี้จะเท่ากับ 9 รอบในการค้นหาคำตอบ โดยมีรูปแบบการเรียกใช้จำนวนประชากรในแต่ละรอบ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 รูปแบบการเรียกใช้จำนวนประชากรในแต่ละรอบค้นหาคำตอบ

จำนวนรอบในการค้นหาคำตอบ	จำนวนของประชากรที่ถูกเรียกใช้ในแต่ละรอบ	
รอบที่ 1	$NP_1(1)$	จำนวนประชากรที่เพิ่ม
รอบที่ 2	$NP_1(1), NP_1(2)$	
รอบที่ 3	$NP_1(1), NP_1(2), NP_1(3)$	
รอบที่ 4	$NP_1(1), NP_1(2), NP_1(3), NP_1(4)$	
รอบที่ 5	$NP_1(1), NP_1(2), NP_1(3), NP_1(4), NP_1(5)$	
รอบที่ 6	$NP_1(1), NP_1(2), NP_1(3), NP_1(4)$	จำนวนประชากรที่ลด
รอบที่ 7	$NP_1(1), NP_1(2), NP_1(3)$	
รอบที่ 8	$NP_1(1), NP_1(2)$	
รอบที่ 9	$NP_1(1)$	

6.3 วิธีการค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์

จากสมการที่ (6.1) และ (6.2) เราจะได้ตัวกำหนดขอบเขตของการเพิ่มจำนวนประชากรในการค้นหาเฉพาะเวกเตอร์รุ่นที่ดีที่สุด ขอบเขตการเรียกใช้จำนวนประชากรค้นหาคำตอบในแต่ละรอบและจำนวนรอบสูงสุดที่ได้ถูกกำหนดในการวนซ้ำหาคำตอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.3.1 ทำการกำหนดเงื่อนไขของจำนวนการวนซ้ำคำตอบที่ดีที่สุดของประชากรหรือ NP ที่ใด ๆ ที่ยังไม่สามารถหลุดกับดัก Local search ก็ให้ NP นั้นเข้าสู่การสร้างโอกาสของประชากรในการพัฒนาค้นหาคำตอบด้วยรูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุดตามรูปแบบสมการที่ (6.1), (6.2) และรูปแบบการเรียกใช้จำนวนประชากรในแต่ละรอบค้นหาคำตอบ โดยเราจะเริ่มจากหนึ่งตัวอย่างการทดลองที่มีสมาชิกเกษตรกร $n = 5$ ราย ทำการกำหนดจำนวนประชากร (NP) ในการพัฒนาค้นหาคำตอบเท่ากับ 5 จำนวนประชากร จำนวนการวนซ้ำคำตอบที่ดีที่สุดของชุดประชากรติดต่อกันได้ไม่เกิน 10 ครั้ง ถ้าเข้าเงื่อนไขจะเป็นดำเนินการเข้าสู่กระบวนการเพิ่มจำนวนของประชากรในเฉพาะชุดเวกเตอร์ของประชากร จากขั้นตอนนี้เราจะขอจำลองเหตุการณ์ตัวอย่างดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การจำลองสถานการณ์ตัวอย่างในกรณีที่เกิดคำตอบซ้ำของชุดประชากร ในรอบที่ 60 จากการกำหนดการวนซ้ำที่ 100 รอบ

	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานและ ขีดจำกัดในการรับผลผลิต					โรงงานและ ขีดจำกัด		สถานะ คำตอบ	ผลลัพธ์คำตอบ	ความถี่ซ้ำ คำตอบเดิม
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2			
	9	8	3	13	13	20	20	20	20	20	35	35			
NP1	1.023	1.231	1.383	1.506	1.914	1.426	1.237	1.852	1.422	1.258	1.760	1.973	No	17.809×10^6	-
NP2	1.099	1.136	1.332	1.522	1.698	1.315	1.773	1.410	1.610	1.803	1.727	1.136	No	17.972×10^6	-
NP3	1.488	1.504	1.086	1.438	1.802	1.809	1.680	1.920	1.147	1.587	1.209	1.814	Opt.	17.719×10^6	10
NP4	1.141	1.033	1.349	1.125	1.482	1.589	1.976	1.509	1.230	1.596	1.503	1.816	No	17.925×10^6	-
NP5	1.488	1.150	1.180	1.670	1.497	1.175	1.634	1.654	1.896	1.402	1.320	1.786	No	17.948×10^6	-

จากตารางที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าการพัฒนาคำตอบตามวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างในรอบที่ 60 ของการวนซ้ำหาคำตอบ NP3 ซึ่งเป็นประชากรรุ่นลูกที่ได้รับการพัฒนาคำตอบมาในรอบที่ 60 เช่นกัน มีสถานะคำตอบที่ให้ค่าผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด ณ เวลานี้ แต่ยังคงติดอยู่กับผลลัพธ์คำตอบนี้ 10 ครั้ง และเข้าเงื่อนไขการเพิ่มจำนวนของประชากรในเฉพาะชุดเวกเตอร์ของประชากร ดำเนินการตามสมการที่ (6.1), (6.2) และรูปแบบการเรียกใช้จำนวนประชากรในแต่ละรอบค้นหาคำตอบ จะใช้ประชากรค้นหาคำตอบได้ไม่เกิน 25 จำนวนประชากร จำนวนรอบในการค้นหาคำตอบได้ไม่เกิน 9 รอบ และมีรูปแบบการเรียกใช้จำนวนประชากรในแต่ละรอบค้นหาคำตอบดังตารางที่ 6.1

6.3.2 ดำเนินการเข้าสู่กระบวนการมิวเตชัน (Mutation) โดยใช้สมการที่ (5.1)

$$V_{i,j,G} = X_{r_1,j,G} + F(X_{r_2,j,G} - X_{r_3,j,G})$$

ทั้งนี้เราจะใช้ชุดพิกัดเวกเตอร์ของประชากรในรอบที่ 60 นี้ทำการเลือก $X_{r_1,j,G_{60}}$, $X_{r_2,j,G_{60}}$, $X_{r_3,j,G_{60}}$ เพื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพิกัดเวกเตอร์ในการค้นหาค่าตอบรอบที่ 1 จะใช้จำนวนประชากรค้นหาค่าตอบเพียง 1 จำนวนประชากร และใช้ target vector NP3 เป็นคู่เปรียบเทียบกับ mutant vector ที่สร้างขึ้นมา

โดยสมมติว่า ค่า $X_{r_1,j,G_{60}}$ ได้ค่าพิกัดเวกเตอร์ NP1

ค่า $X_{r_2,j,G_{60}}$ ได้ค่าพิกัดเวกเตอร์ NP4

ค่า $X_{r_3,j,G_{60}}$ ได้ค่าพิกัดเวกเตอร์ NP2

ตารางที่ 6.3 การปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ตามสมการ (5.1)

เวกเตอร์	เลขตรรก					ลานเท					โรงงาน	
ชุดสุ่มค่าและ F	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
$X_{r_1,j,G_{60}}$	1.023	1.231	1.383	1.506	1.914	1.426	1.237	1.852	1.422	1.258	1.760	1.973
F	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$X_{r_2,j,G_{60}}$	1.141	1.033	1.349	1.125	1.482	1.589	1.976	1.509	1.230	1.596	1.503	1.816
$X_{r_3,j,G_{60}}$	1.099	1.136	1.332	1.522	1.698	1.315	1.773	1.410	1.610	1.803	1.727	1.136
Mutant v.	1.107	1.025	1.417	0.712	1.482	1.974	1.643	2.05	0.662	0.844	1.312	3.333

6.3.3 เมื่อได้ค่า mutant vector จะเข้าสู่วิธีการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ (recombination) ด้วยสมการที่ (5.2) โดยค่า Cr จะมีค่าเท่ากับ 0.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ดังตารางที่ 6.4 จะได้ชุด trial vector ต่อจากนั้นจะทำการถอดรหัสและทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบของ target vector ปัจจุบัน ในที่นี้จะเป็น NP3 เป็นผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด ณ เวลานั้นติดกับดัก Local search เป็นจำนวน 10 ครั้งติดต่อกันและยังคงอยู่ในรอบการวนซ้ำหาคำตอบรอบที่ 60 จะดำเนินการเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection) ดังหัวข้อ 6.3.4

ตารางที่ 6.4 การแลกเปลี่ยนค่าในแต่ละพิกัดเวกเตอร์ ด้วยค่า Cr = 0.7

ชุดเปลี่ยนค่าพิกัด	เลขตรรก					ลานเท					โรงงาน	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
NP3	1.488	1.504	1.086	1.438	1.802	1.809	1.680	1.920	1.147	1.587	1.209	1.814
Cr	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ชุดเลขสุ่ม	0.89	0.93	0.71	0.98	0.45	0.65	0.51	0.79	0.99	0.74	0.96	0.29
Mutant v.	1.107	1.025	1.417	0.712	1.482	1.974	1.643	2.05	0.662	0.844	1.312	3.333
ผลลัพธ์	1.488	1.504	1.086	1.438	1.482	1.974	1.643	1.920	1.147	1.587	1.209	3.333

6.3.4 ทำคัดเลือกชุด target vector ปัจจุบัน และ trial vector ของจำนวนประชากรที่ถูกเรียกใช้ในแต่ละรอบค้นหาคำตอบ และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 การดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างคู่ของ target vector และ trial vector ของการสร้างโอกาสประชากรในการพัฒนาคำตอบ

ประชากรรุ่นลูก ที่ 60		จำนวนประชากรที่เรียกใช้		รอบที่ 1		
target vector		trial vector		Selection		
ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์ คำตอบ	ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์ คำตอบ	ชุดเวกเตอร์ ที่ถูกเลือก	ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์ คำตอบ
NP3	17.719×10^6	NP3 ₁	17.854×10^6	target vector	NP3	17.719×10^6

6.3.5 ตรวจสอบผลลัพธ์คำตอบที่ได้ ถ้าเข้าเงื่อนไขต่อไปนี้

6.3.5.1 คำตอบที่ได้ ถ้า target vector ของ NP ปัจจุบัน มีค่ามากกว่า trial vector ให้เปลี่ยนชุดพิกัดเวกเตอร์เป็นของ trial vector และปรับสถานะให้เป็น target vector ในรอบที่หยุดสร้างโอกาสประชากรในการค้นหาคำตอบ เพื่อเข้าสู่กระบวนการปกติของวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างในการวนซ้ำหาคำตอบรอบต่อไป ดังข้อที่ 6.3.7 จากผลลัพธ์คำตอบที่ได้ในกรณีนี้จะทำให้เกิดการหลุดพ้นกับดัก local search และกลับเข้าสู่การวนซ้ำพัฒนาคำตอบรอบที่ 61 แต่ถ้า

6.3.5.2 คำตอบที่ได้ ถ้า target vector ของ NP ปัจจุบัน มีค่าน้อยกว่า trial vector ให้คงไว้ target vector ของ NP ปัจจุบัน และเข้าสู่ข้อที่ 6.3.6

6.3.6 ตรวจสอบระดับขั้นจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบครบหรือไม่ ถ้า

6.3.6.1 การตรวจสอบระดับขั้นจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบไม่ครบให้กลับเข้าสู่ 6.3.2 และใช้จำนวนประชากรที่ถูกเรียกใช้ในแต่ละรอบขั้นต่อไป หรือ

6.3.6.2 การตรวจสอบระดับขั้นจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบครบตามจำนวนรอบตามที่กำหนด แต่ค่า trial vector ล่าสุดไม่สามารถแทนที่ target vector ของ NP ปัจจุบัน ให้ทำการสุ่มเลือกระหว่างชุด trial vector ล่าสุด และ target vector ปัจจุบันเมื่อทำการเลือกแล้วให้กลับเข้าสู่ ข้อที่ 6.3.7

6.3.7 ให้ทำการกลับเข้าสู่การพัฒนาหาคำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างในรอบต่อไป จนกว่าจะเกิดเงื่อนไขของประชากร หรือ NP ไต ๆ ติดกับดัก local search เฉพาะประชากรที่ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดขณะนั้น ติดต่อกันตามจำนวนที่กำหนดก็จะกลับเข้าสู่วิธีการการเพิ่มโอกาสประชากรการค้นหาคำตอบอีกครั้ง จนกว่าจะสิ้นสุดจำนวนรอบวนซ้ำพัฒนาคำตอบที่กำหนดไว้ ณ คำสั่งเริ่มต้นจำนวนการวนซ้ำ

จากตารางที่ 6.4 เราจะเห็นได้ว่าในรอบที่ 1 ชุด trial vector ไม่สามารถแทนที่ target vector ของ NP ปัจจุบันได้ และดำเนินการตรวจสอบแล้วตามหัวข้อที่ 6.3.6 และกลับเข้าสู่ข้อที่ 6.3.2 ซึ่งเป็นรอบที่ 2 จะเรียกใช้จำนวนประชากรเท่ากับ 2 ประชากร และดำเนินการตามข้อต่อมาจนถึงได้ค่า trial vector ทั้ง 2 ประชากร ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 การเรียกใช้จำนวนประชากรในรอบที่ 2

ชุดเปลี่ยนค่าพิกัด	เกษตรกร					ลานเท					โรงงาน	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
Trial v. $NP3_1^2$	1.826	1.859	1.270	1.655	2.458	2.997	1.837	2.846	0.817	1.070	1.506	4.094
Trial v. $NP3_2^2$	1.141	1.451	0.746	1.516	1.059	2.084	0.696	0.878	1.677	2.008	3.367	1.346

และต่อจากนั้นจะดำเนินการคัดเลือกตามข้อที่ 6.3.4 ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 การดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีที่สุดระหว่างคู่ของ target vector และ trial vector ของการสร้างโอกาสประชากรในการพัฒนาคำตอบ รอบที่ 2

ประชากรรุ่นลูก ที่ 60		จำนวนประชากรที่เรียกใช้		รอบที่ 2		
target vector		trial vector		Selection		
ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์ คำตอบ	ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์ คำตอบ	ชุดเวกเตอร์ ที่ถูกเลือก	ใช้ชุด เวกเตอร์	ผลลัพธ์ คำตอบ
$NP3$	17.719×10^6	$NP3_1^2$	17.719×10^6	Trial vector	$NP3_2^2$	17.660×10^6
		$NP3_2^2$	17.660×10^6			

จากการดำเนินการคัดเลือกในตารางที่ 6.7 ซึ่งเป็นรอบที่ 2 จะเห็นได้ว่า $NP3_2^2$ เป็น trial vector ที่ถูกเลือก และจะปรับเปลี่ยนตัวเองให้เป็น target vector ของ $NP3$ รอบที่ 60 แทนชุดพิกัดเวกเตอร์ในรอบนี้ทันที ดังตารางที่ 6.8 ต่อจากนั้นจะดำเนินการพัฒนาหาคำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง จนกว่าจะสิ้นสุดค่าส่งจำนวนการวนซ้ำที่ได้กำหนดไว้ เมื่อสิ้นสุดการทำงานของอัลกอริทึมก็จะแสดงให้เห็นผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดเพียง 1 ผลลัพธ์คำตอบ

ตารางที่ 6.8 ชุดพิกัดเวกเตอร์ของแต่ละประชากรเพื่อดำเนินการหาคำตอบในรอบต่อไป

	กลุ่มเกษตรกรและผลผลิตที่มีอยู่					ความน่าจะเป็นที่จะเปิดลานเทและ ขีดจำกัดในการรับผลผลิต					โรงงานและ ขีดจำกัด		สถานะ คำตอบ	ผลลัพธ์คำตอบ	ความถี่ซ้ำ คำตอบเดิม
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2			
	9	8	3	13	13	20	20	20	20	20	35	35			
NP1	1.023	1.231	1.383	1.506	1.914	1.426	1.237	1.852	1.422	1.258	1.760	1.973	No	17.809×10^6	-
NP2	1.099	1.136	1.332	1.522	1.698	1.315	1.773	1.410	1.610	1.803	1.727	1.136	No	17.972×10^6	-
NP3	1.141	1.451	0.746	1.516	1.059	2.084	0.696	0.878	1.677	2.008	3.367	1.346	Opt.	17.660×10^6	0
NP4	1.141	1.033	1.349	1.125	1.482	1.589	1.976	1.509	1.230	1.596	1.503	1.816	No	17.925×10^6	-
NP5	1.488	1.150	1.180	1.670	1.497	1.175	1.634	1.654	1.896	1.402	1.320	1.786	No	17.948×10^6	-

6.4 ผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างการทดลองด้วยวิธีการค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์

จากตัวอย่างการทดลองที่สร้างขึ้นมาที่มีขนาดการทดลองด้วยกัน 5 ขนาด ซึ่งแต่ละขนาดได้ออกแบบในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ดังที่ได้แสดงผลลัพธ์คำตอบการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ในตารางที่ 4.1 – 4.25 และผลลัพธ์คำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างในตารางที่ 5.18 – 5.22 จะนำมาเปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยได้เพิ่มอีกหนึ่งขั้นตอนในกระบวนการวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างด้วยวิธีการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์และยังคงใช้รูปแบบวิธีการถอดรหัส 2 วิธีการดังที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้น ผลการทดลองจากการทำงานของอัลกอริทึมนี้จะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 6.9 – 6.13 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.9 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ที่มีจำนวนเกชตร $n = 5$ ราย โดยกำหนดค่า $NP = 20$ Iteration = 1,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 40 ครั้ง

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง:นาที: วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 5.1.1	17,563,210	00:00:38	17,563,210	0.655	17,563,210	0.677	17,563,210	0.717	17,563,210	0.811
Ins. 5.1.2	6,180,076	00:00:06	6,180,076	0.670	6,180,076	0.717	6,180,076	0.733	6,180,076	0.761
Ins. 5.1.3	6,215,495	00:00:31	6,215,495	0.717	6,215,495	0.761	6,215,495	0.7488	6,215,495	0.776
Ins. 5.2.1	17,756,540	00:00:54	17,756,540	0.686	17,756,540	0.761	17,756,540	0.733	17,756,540	0.758
Ins. 5.2.2	11,780,130	00:00:14	11,802,620	0.686	11,802,620	0.726	11,802,619	0.702	11,802,619	0.733
Ins. 5.2.3	11,780,010	00:00:24	11,806,846	0.702	11,806,846	0.773	11,806,846	0.717	11,806,846	0.748
Ins. 5.3.1	17,481,870	00:00:49	17,481,870	0.655	17,481,870	0.764	17,481,870	0.655	17,481,870	0.711
Ins. 5.3.2	11,686,020	00:00:20	11,686,020	0.655	11,686,020	0.758	11,686,020	0.702	11,686,020	0.764
Ins. 5.3.3	11,686,020	00:00:41	11,686,020	0.655	11,686,020	0.714	11,686,020	0.702	11,686,020	0.736
Ins. 5.4.1	17,419,180	00:00:42	17,424,440	0.702	17,424,440	0.758	17,424,440	0.733	17,424,440	0.776
Ins. 5.4.2	5,892,762	00:00:04	5,892,762	0.624	5,892,762	0.720	5,892,762	0.639	5,892,762	0.711
Ins. 5.4.3	5,892,012	00:00:01	5,892,012	0.702	5,892,012	0.823	5,892,012	0.748	5,892,012	0.780
Ins. 5.5.1	23,137,570	00:03:03	23,139,310	0.639	23,139,897	0.723	23,139,310	0.733	23,139,310	0.748
Ins. 5.5.2	11,572,710	00:00:43	11,593,644	0.686	11,593,644	0.733	11,593,644	0.733	11,593,644	0.764
Ins. 5.5.3	11,558,210	00:01:02	11,592,566	0.733	11,593,559	0.767	11,592,566	0.780	11,592,566	0.829

ตารางที่ 6.10 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของ
 เวกเตอร์ที่มีจำนวนเขตร $n = 10$ ราย โดยกำหนดค่า $NP = 100$ Iteration =
 2,000 รอบ ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 10.1.1	23,165,420	129:39:20	23,179,272	12.370	23,205,512	12.208	23,203,691	12.526	23,210,724	12.919
Ins. 10.1.2	11,830,830	00:04:58	11,842,173	11.637	11,842,173	12.355	11,842,172	12.183	11,842,172	12.420
Ins. 10.1.3	6,614,473	00:01:36	6,614,473	7.222	6,614,473	8.489	6,614,473	9.516	6,614,473	10.177
Ins. 10.2.1	23,223,900	10:10:33	23,223,900	30.420	23,257,358	28.164	23,259,240	29.359	23,268,303	26.282
Ins. 10.2.2	6,331,655	00:01:08	6,331,655	5.803	6,331,655	6.502	6,331,655	12.246	6,331,655	13.381
Ins. 10.2.3	6,299,044	00:04:28	6,299,044	8.049	6,229,044	8.539	6,299,044	13.572	6,299,044	14.286
Ins. 10.3.1	23,223,900	20:23:26	23,223,900	26.578	23,229,179	31.020	23,223,900	31.215	23,253,907	31.562
Ins. 10.3.2	6,301,195	00:01:31	6,301,195	7.862	6,301,195	8.561	6,301,195	12.714	6,301,195	13.072
Ins. 10.3.3	6,301,195	00:01:33	6,301,195	5.522	6,301,195	5.874	6,301,195	10.514	6,301,195	12.202
Ins. 10.4.1	23,121,100	10:16:11	23,141,970	12.573	23,158,574	12.754	23,147,360	12.854	23,157,439	13.550
Ins. 10.4.2	6,219,999	00:03:24	6,219,999	6.614	6,219,999	7.157	6,219,999	6.957	6,219,999	7.512
Ins. 10.4.3	6,235,988	00:06:25	6,235,988	8.158	6,235,988	8.867	6,235,988	8.517	6,235,988	9.743
Ins. 10.5.1	23,077,430	00:14:49	23,097,574	55.926	23,104,808	78.546	23,097,574	67.298	23,105,655	68.512
Ins. 10.5.2	11,636,140	00:02:37	11,639,002	12.589	11,654,442	13.391	11,665,966	12.386	11,665,966	13.300
Ins. 10.5.3	11,629,100	00:17:24	11,629,100	12.433	11,629,100	12.848	11,635,934	11.949	11,641,799	12.732

ตารางที่ 6.11 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์
 ที่มีจำนวนเขตร $n = 20$ ราย โดยกำหนดค่า $NP = 100$ Iteration = 5,000 รอบ
 ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง:นาที: วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 20.1.1	34,702,830	250:10:54	35,050,270	63.445	35,081,859	65.395	35,075,945	63.289	35,093,956	64.705
Ins. 20.1.2	7,237,587	00:13:45	7,237,587	41.293	7,237,587	42.675	7,237,587	54.880	7,237,587	58.706
Ins. 20.1.3	7,104,714	00:10:50	7,104,714	56.924	7,104,714	60.999	7,104,714	59.576	7,104,714	64.574
Ins. 20.2.1	34,803,430	250:02:17	35,058,667	77.454	35,107,504	72.069	35,132,368	71.432	35,169,781	74.047
Ins. 20.2.2	11,993,320	00:50:20	12,011,787	51.604	12,012,573	54.060	12,025,597	55.894	12,061,346	58.103
Ins. 20.2.3	6,734,272	00:15:42	6,734,272	52.525	6,734,272	55.909	6,734,272	61.900	6,734,272	64.069
Ins. 20.3.1	34,734,070	249:38:01	35,018,447	68.016	35,041,492	66.243	35,022,979	66.081	35,052,374	67.111
Ins. 20.3.2	6,893,525	00:29:51	6,893,525	51.651	6,893,525	56.624	6,893,525	60.309	6,893,525	61.742
Ins. 20.3.3	7,163,715	00:28:35	7,163,715	52.915	7,163,715	58.671	7,163,715	60.918	7,163,715	63.816
Ins. 20.4.1	23,229,770	00:17:14	29,161,451	58.172	29,170,496	62.602	29,155,333	63.195	29,192,262	64.868
Ins. 20.4.2	6,577,674	00:29:34	6,577,674	52.135	6,577,674	54.434	6,577,674	57.517	6,577,674	60.834
Ins. 20.4.3	6,540,678	00:07:56	6,540,678	56.253	6,540,678	59.137	6,540,678	59.155	6,540,678	62.284
Ins. 20.5.1	34,678,380	249:54:19	35,016,791	64.365	35,036,971	65.095	34,956,812	67.532	35,032,638	66.022
Ins. 20.5.2	6,848,688	00:10:36	6,848,688	46.129	6,848,688	52.597	6,848,688	57.704	6,848,688	57.704
Ins. 20.5.3	6,915,685	00:21:24	6,915,685	62.587	6,915,685	64.705	6,915,685	63.632	6,915,685	65.757

ตารางที่ 6.12 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์
ที่มีจำนวนเขตร $n = 50$ ราย โดยกำหนดค่า $NP = 100$ Iteration = 5,000 รอบ
ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 50.1.1	23,672,990	250:20:17	30,348,041	173.644	30,467,800	176.879	30,322,346	178.455	30,462,365	176.759
Ins. 50.1.2	7,922,536	00:49:36	7,922,536	166.474	7,922,536	168.531	7,929,661	174.908	7,933,936	589.820
Ins. 50.1.3	8,103,295	03:49:06	8,103,295	162.271	8,103,295	167.398	8,118,770	174.689	8,124,960	176.590
Ins. 50.2.1	35,007,000	250:35:43	36,120,359	177.560	36,224,415	177.560	36,176,581	189.634	36,243,053	186.220
Ins. 50.2.2	7,914,427	90:15:17	7,914,427	120.495	7,914,427	159.435	7,917,214	164.487	7,917,214	169.704
Ins. 50.2.3	8,644,441	73:06:53	8,644,441	159.183	8,644,441	167.229	8,678,737	164.845	8,678,737	174.982
Ins. 50.3.1	23,617,440	250:41:12	30,271,213	165.313	30,348,888	162.229	30,367,878	169.167	30,456,833	165.494
Ins. 50.3.2	8,535,327	20:21:59	8,535,327	165.969	8,535,327	173.216	8,548,933	176.468	8,557,096	175.232
Ins. 50.3.3	7,857,692	05:44:09	7,857,692	166.764	7,857,692	173.270	7,863,546	175.329	7,868,228	179.285
Ins. 50.4.1	23,669,640	250:47:30	30,404,438	176.436	30,498,371	171.141	30,421,700	179.837	30,518,467	176.118
Ins. 50.4.2	8,071,746	01:06:40	8,071,746	153.264	8,071,746	157.050	8,079,351	164.784	8,079,351	170.142
Ins. 50.4.3	8,046,561	17:46:25	8,046,561	171.320	8,046,561	175.644	8,067,598	176.468	8,076,031	178.789
Ins. 50.5.1	29,299,820	250:55:11	30,482,976	161.164	30,608,811	161.884	30,531,624	162.568	30,603,314	160.845
Ins. 50.5.2	7,920,928	01:35:00	7,920,928	141.555	7,920,928	151.826	7,943,338	543.692	7,943,338	559.668
Ins. 50.5.3	8,208,933	00:04:34	8,208,933	162.927	8,208,933	168.218	8,211,438	168.605	8,211,438	174.951

ตารางที่ 6.13 ผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์
ที่มีจำนวนเขตร $n = 100$ ราย โดยกำหนดค่า $NP = 100$ Iteration = 10,000 รอบ
ความถี่ซ้ำคำตอบเดิมติดต่อกัน = 50 ครั้ง

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง: นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins. 100.1.1	48,952,380	245:17:09	50,329,464	692.038	50,578,496	658.108	50,308,634	709.477	50,424,237	693.340
Ins. 100.1.2	19,736,330	150:03:49	15,790,966	719.257	15,916,276	705.803	15,682,664	758.853	15,876,971	711.215
Ins. 100.1.3	26,240,320	09:15:26	15,425,313	667.381	15,606,715	656.491	15,382,166	3014.22	15,675,721	3004.834
Ins. 100.2.1	54,442,200	245:26:38	55,799,227	780.572	55,933,517	767.752	55,861,986	765.901	56,166,628	770.344
Ins. 100.2.2	14,178,920	214:34:46	14,859,429	694.743	15,081,126	901.196	14,824,467	740.869	15,185,684	2146.923
Ins. 100.2.3	14,759,630	241:35:33	15,775,871	771.430	16,092,677	705.350	15,823,055	785.400	16,141,747	1038.592
Ins. 100.3.1	47,448,990	245:35:14	50,113,595	683.133	50,240,983	689.384	50,206,987	684.461	50,321,248	2653.788
Ins. 100.3.2	14,866,350	241:22:24	14,908,333	638.367	15,209,391	640.964	15,281,041	629.742	15,411,604	644.270
Ins. 100.3.3	19,234,230	241:30:06	21,037,886	647.754	21,118,729	655.468	21,134,414	598.635	21,213,939	1013.531
Ins. 100.4.1	47,786,900	245:34:49	49,856,578	669.305	49,934,927	640.248	49,908,841	672.945	49,984,358	666.442
Ins. 100.4.2	19,194,060	241:40:42	14,998,207	725.415	15,033,762	666.557	14,965,658	717.852	15,054,519	814.848
Ins. 100.4.3	18,759,300	241:57:37	20,575,995	636.617	20,848,266	648.926	20,639,892	643.539	20,786,730	833.642
Ins. 100.5.1	54,959,840	245:39:33	55,856,075	702.055	56,090,143	703.846	56,224,319	730.017	56,363,707	735.755
Ins. 100.5.2	19,216,460	202:19:56	21,356,474	624.351	21,547,815	610.938	21,255,305	642.883	21,527,668	625.800
Ins. 100.5.3	19,107,460	202:17:50	15,923,592	689.305	17,503,338	658.094	16,326,307	675.055	17,742,006	660.321

6.5 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยผลต่างยังคงนำเสนอ 2 วิธีการถอดรหัส ในที่นี้ เราขอแทนชื่อความหมายของการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1 และการถอดรหัสวิธีที่ 2 ด้วย MDE1 และ MDE2 ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ใน 2 อัลกอริทึมจะทำการเปรียบเทียบกับการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ด้วยการทดสอบค่าทางสถิติ One way ANOVA มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้

H_0 : $LINGO = MDE1 = MDE2$ = มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ไม่แตกต่างกัน

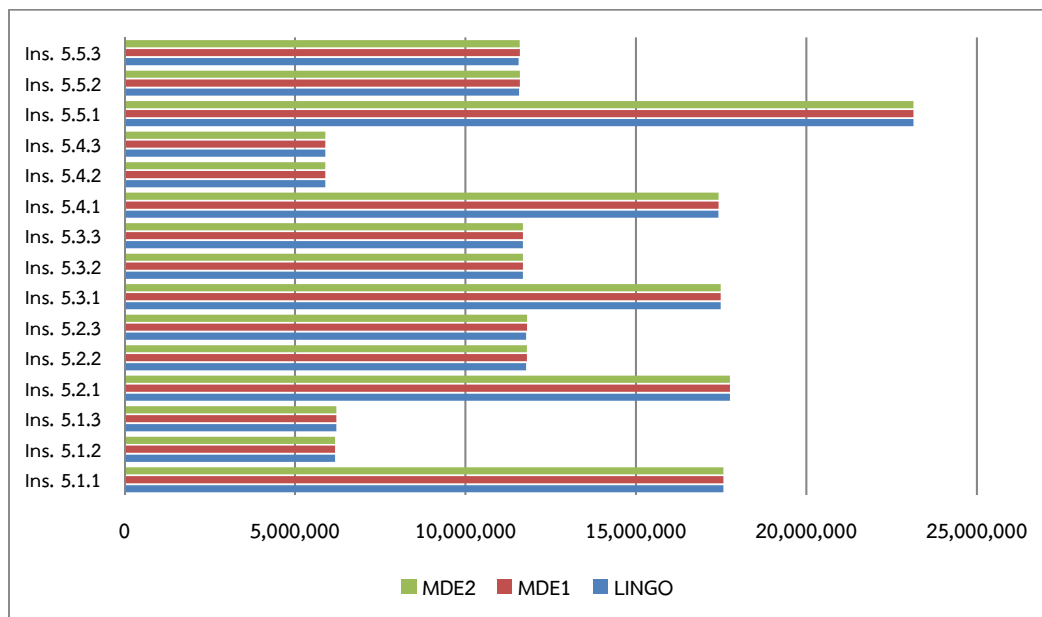
H_1 : อย่างน้อย 1 คู่ มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่แตกต่างกัน

ด้วยการยกตัวอย่างในตารางที่ 6.10 ของคำตอบที่ดีที่สุด MDE1 และ MDE2 เปรียบเทียบตามสมมติฐานดังภาพที่ 6.1 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในประสิทธิภาพการหาคำตอบของ MDE1 และ MDE2 มีประสิทธิภาพเท่ากับวิธีการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 เนื่องจาก $F = 0.00$ และ p - value เท่ากับ 1.000 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

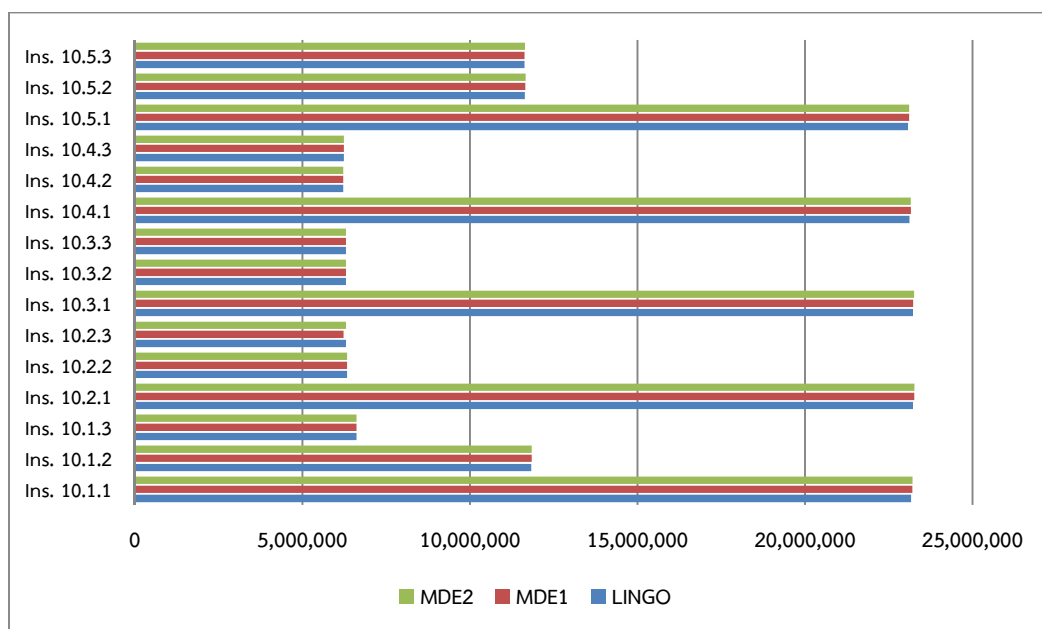
One-way ANOVA: result versus methode					
Source	DF	SS	MS	F	P
methode	2	950907250	475453625	0.00	1.000
Error	42	2.50268E+15	5.95877E+13		
Total	44	2.50268E+15			
S = 7719307 R-Sq = 0.00% R-Sq(adj) = 0.00%					

ภาพที่ 6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบทางด้านสถิติของตารางที่ 6.8

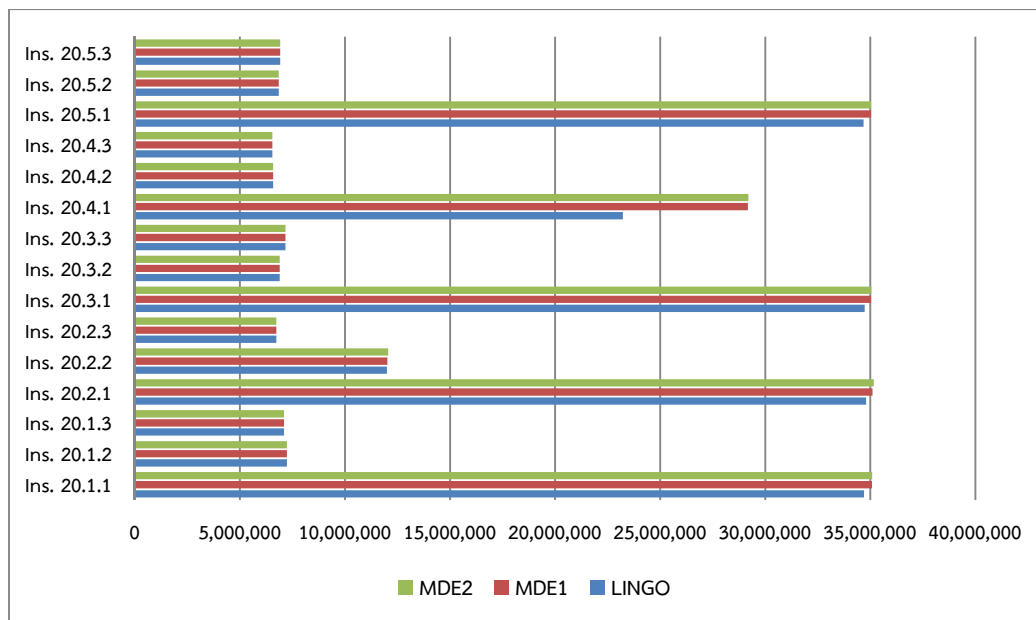
อย่างไรก็ตามผลเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากทำงานของ MDE1 และ MDE2 ดังที่แสดงในตารางที่ 6.9 – 6.13 เป็นวิธีการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีได้ในหลาย ๆ ตัวอย่างการทดลอง ดังภาพที่ 6.2 – 6.7 และการใช้เวลาหาคำตอบจะน้อยกว่าการทำงานของ LINGO V.11 แต่เมื่อเทียบรวมเวลาเฉลี่ยหาคำตอบทั้งหมดของในแต่ละจะพบว่าวิธี MDE1 ใช้เวลาน้อยกว่า MDE2 ดังภาพที่ 6.8



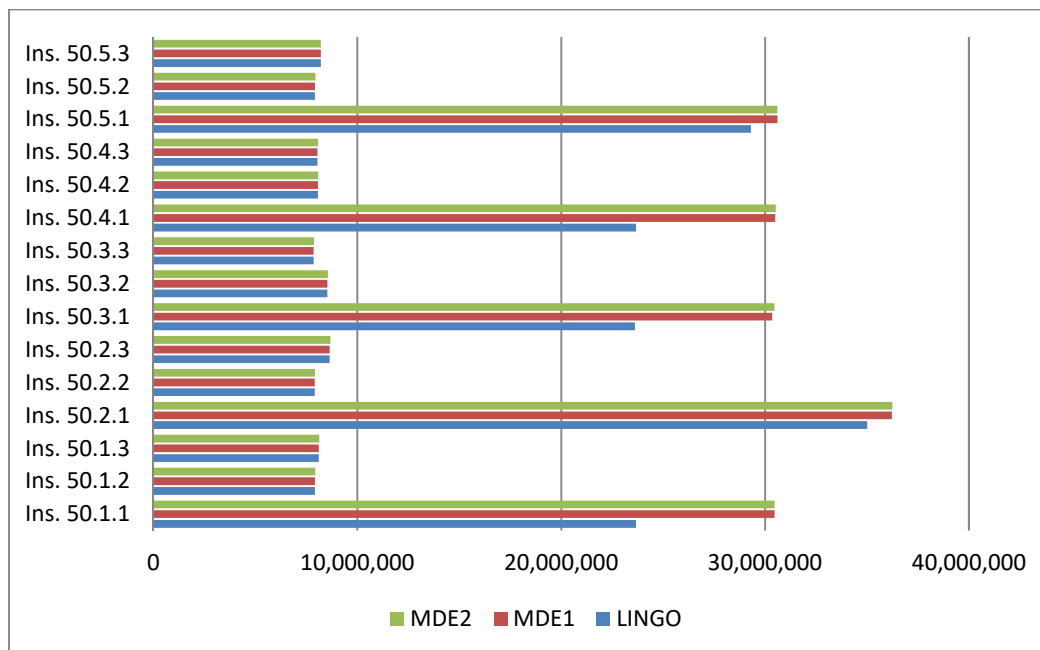
ภาพที่ 6.2 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.8



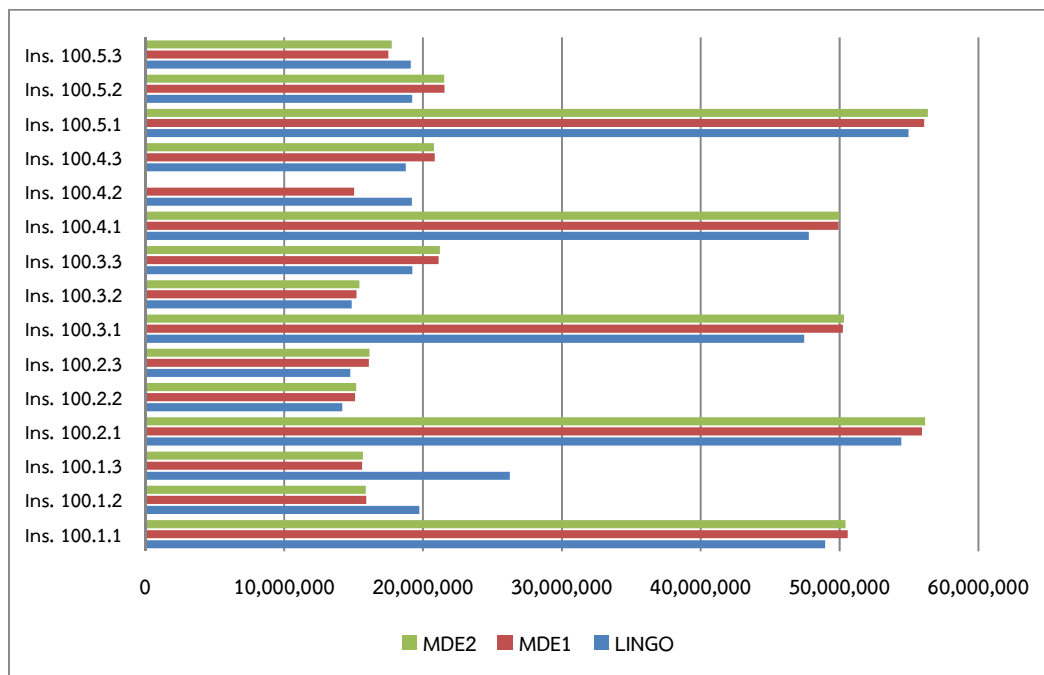
ภาพที่ 6.3 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.9



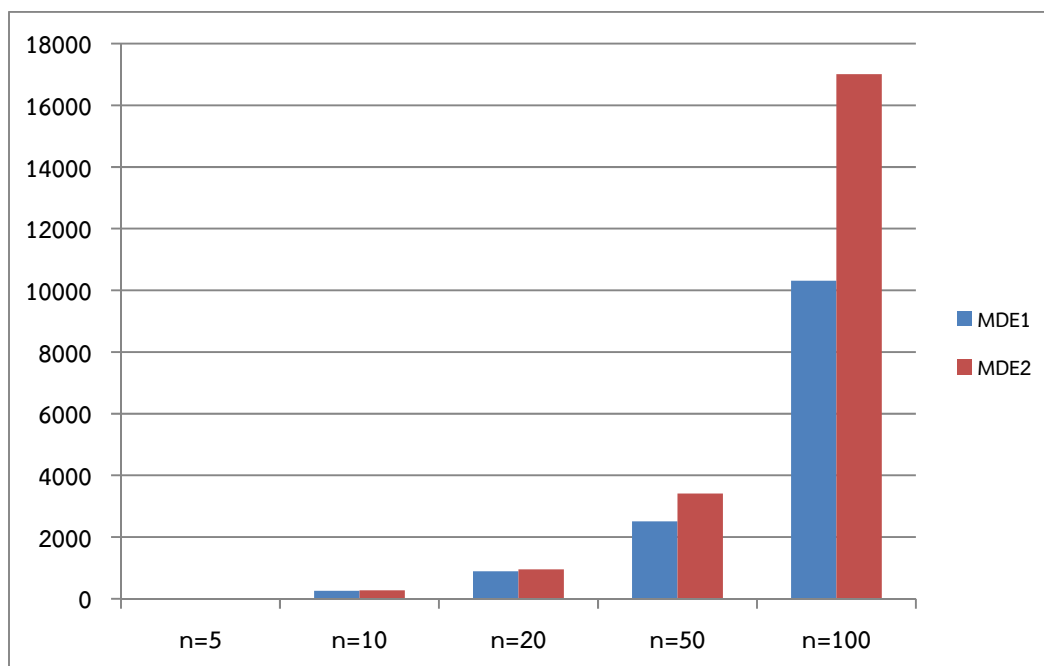
ภาพที่ 6.4 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.10



ภาพที่ 6.5 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.11



ภาพที่ 6.6 ผลค่าเฉลี่ยคำตอบที่ได้จากการทำงานของ MDE1 MDE2 และ LINGO ของตารางที่ 6.12



ภาพที่ 6.7 การเปรียบเทียบเวลาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดของวิธีการหาคำตอบ MDE1 และ MDE2 ในแต่ละขนาดตัวอย่างการทดลอง

และในการหาคำตอบด้วยวิธี MDE1 สามารถให้คำตอบที่ดีเมื่อเทียบการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 เท่ากับ 42 ตัวอย่างการทดลอง ดังที่แสดงใน ภาคผนวก ค ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่า วิธี DE1 MDE2 และ DE2 ตามลำดับ จากวิธีการเดิมของ DE1 สามารถให้คำตอบที่ดีเมื่อเทียบการทำงานของ โปรแกรม LINGO V.11 เท่ากับ 40 ตัวอย่างการทดลอง ดังนั้นวิธีการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการของ DE มากขึ้นกว่าเดิม เมื่อพิจารณา MDE1 มีระดับประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากกว่า 95% เท่ากับ 66 ตัวอย่างการทดลอง และตัวอย่างการทดลอง Ins.100.2.3 Ins.100.3.1 Ins.100.3.3 และ Ins.100.4.3 มีระดับประสิทธิภาพในการหาคำตอบอยู่ในช่วง 90-95% ในส่วนของ Ins.100.5.2 มีระดับประสิทธิภาพในการหาคำตอบเท่ากับ 89.98% และ Ins.20.4.1 Ins.50.1.1 Ins.50.3.1 และ Ins.50.4.1 มีระดับประสิทธิภาพในการหาคำตอบอยู่ในช่วง 75-80% แต่เมื่อพิจารณาในการทำงานของวิธีการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ ในภาพรวมแล้วสามารถลดค่าใช้จ่ายได้อีก โดยประมาณเกือบ 1% ของแต่ละตัวอย่างการทดลอง

บทที่ 7

การพัฒนาคำตอบด้วยวิธี Local search

การพัฒนาคำตอบด้วยวิธี Local search หรือการปรับปรุงคำตอบที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เป็นการพัฒนาคุณภาพคำตอบเพื่อให้ได้รับผลลัพธ์คำตอบที่ดีกว่าเดิมอีกหนึ่งวิธี จากเซตของผลเฉลยที่มีขนาดใหญ่มา ๆ ซึ่งก็อาจจะไม่ได้รับผลเฉลยที่ดีที่สุด โดยใช้ฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับพิจารณาแต่ละผลเฉลย จนกว่าจะเจอผลเฉลยที่ดีกว่าหรือที่เราพึงพอใจ ซึ่งก็มีหลาย ๆ วิธีการด้วยกัน แต่ละวิธีการที่เลือกใช้ต่างก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยที่น่าเสนอ เราได้ศึกษาพฤติกรรมการทำงานของอัลกอริทึมที่เราได้ออกแบบก็มีจุดอ่อนบางอย่างที่เราจะต้องเพิ่มเติมประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึม จึงได้พิจารณารูปแบบวิธีพัฒนาหาคำตอบไว้ด้วยกัน ใน 3 เทคนิคของวิธีการ Local search ที่สามารถช่วยพัฒนาคำตอบให้เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดในงานวิจัยที่เราศึกษา

7.1 การพัฒนาคำตอบด้วยวิธี local search

ขั้นตอนวิธีการ Local search จะเริ่มต้นจาก s โดยเป็นผลลัพธ์คำตอบหนึ่งใน S โดย S เป็นเซตของผลลัพธ์คำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา แล้วค่อย ๆ ทำการตรวจสอบผลลัพธ์คำตอบที่ไม่ห่างไกลจาก s มากไปเรื่อย ๆ ว่าผลลัพธ์คำตอบที่พัฒนาขึ้นมานี้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิมหรือไม่ โดยเราจะมีฟังก์ชัน $f(s)$ สำหรับใช้คำนวณตามฟังก์ชันเป้าหมายของ s ฟังก์ชันนี้จะใช้เป็นดัชนีวัดความเหมาะสมของแต่ละผลลัพธ์คำตอบ ดังรหัสเทียมขั้นตอนวิธีการค้นหาคำตอบแบบ local search ภาพที่ 7.1

```
Local Search()
{
    s = initialSolution()
    while not terminate(s) {
        s' = select( next(s) )
        if( accept(s,s') ) then s = s'
    }
}
```

ภาพที่ 7.1 ขั้นตอนรหัสเทียม (Pseudo Code) วิธีการ local search

ขั้นตอนวิธีการ local search นี้มีหัวใจสำคัญอยู่ที่ฟังก์ชันเป้าหมาย หากกำหนดวิธีการที่ดี การค้นหาคำตอบก็จะมีประสิทธิภาพ ลักษณะการค้นหาเฉพาะที่นี้ ตามที่เราได้พิจารณาปรับปรุงพัฒนาผลลัพธ์คำตอบจะใช้ 3 เทคนิค ด้วยกัน ประกอบด้วย

- (1) วิธีการสลับคู่ตำแหน่ง (Swap algorithm)
- (2) วิธีการผลัดเปลี่ยน (Shifting algorithm)
- (3) วิธีการแทรก (Insertion move algorithm)

7.1.1 การพัฒนาผลลัพธ์คำตอบด้วยวิธีการสลับคู่ตำแหน่ง (Swap algorithm) เป็นการปรับปรุงให้ผลลัพธ์คำตอบในรูปแบบของฮิวริสติกที่พยายามสลับคู่ตำแหน่งระหว่างชุดคำตอบของการจัดกลุ่มสมาชิก ดังตัวอย่างภาพที่ 7.2 (a) สมาชิกเกษตรกรที่ 1 ของลานเท 5 ทำการจับคู่แลกเปลี่ยนสมาชิกเกษตรกรที่ 2 ของลานเท 4 และโรงงานที่ 1 ในชุดคำตอบของลานเท 5 จับคู่แลกเปลี่ยนโรงงานที่ 2 ในชุดคำตอบของลานเท 4 โดยผลลัพธ์คำตอบที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่าคำตอบเดิม การสลับคู่ตำแหน่งจะต้องเป็นคู่เฉพาะในกลุ่ม อย่างเช่น สลับคู่ตำแหน่ง ลานเทต่อลานเท และกลุ่มสมาชิกต่อกลุ่มสมาชิก หรือ ลานเทต่อลานเท และโรงงานต่อโรงงาน เป็นต้น

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
5	1	5	1

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
4	2	4	2

(a) ก่อนการดำเนินการสลับคู่ตำแหน่ง

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
5	2	5	2

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
4	1	4	1

(b) หลังดำเนินการสลับคู่ตำแหน่ง

ภาพที่ 7.2 ตัวอย่างการดำเนินการสลับคู่ตำแหน่ง

7.1.2 การพัฒนาผลลัพธ์คำตอบด้วยวิธีการผลัดเปลี่ยน (Shifting algorithm) เป็นการปรับปรุงคำตอบ โดยจะใช้วิธีการเปลี่ยนค่าในตำแหน่งปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่ได้มามีคำตอบดีกว่าเดิม ดังตัวอย่างภาพที่ 7.3 จะทำการสุ่มเลือกหนึ่งลานเทเพื่อทำการปรับเปลี่ยนลานเทใหม่ ซึ่งในภาพที่ 7.3 (a) จะเป็นลานเท 4 ที่ถูกเลือก และต่อจากนั้นจะทำการผลัดเปลี่ยนเป็นการสุ่มขึ้นมา เป็นลานเท 1 ดังภาพ 7.3 (b) โดยลานเทที่สุ่มขึ้นมาแทนที่ลานเทปัจจุบันจะต้องไม่ซ้ำกับลานเทอื่นที่มีอยู่แล้วและไม่ละเมิดเงื่อนไขใด ๆ

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
5	1	5	1
4	2	4	1
3	3	-	2

(a) ก่อนการดำเนินการผลิตเปลี่ยน

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
5	1	5	1
1	2	4	1
3	3	-	2

(b) หลังดำเนินการผลิตเปลี่ยน

ภาพที่ 7.3 ตัวอย่างการดำเนินการผลิตเปลี่ยน

7.1.3 การพัฒนาผลลัพธ์คำตอบด้วยวิธีการแทรก (Insertion move algorithm) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถช่วยปรับปรุงคำตอบให้ดีกว่าเดิม วิธีจะมีการดำเนินการด้วยการหยิบหนึ่งสมาชิกของกลุ่มสมาชิกเกษตรกรในหนึ่งชุดคำตอบไปยังอีกชุดคำตอบโดยคำตอบที่ได้นั้นจะต้องไม่เกินเงื่อนไข capacity ของลานเทที่ได้รับการแทรกสมาชิกเข้าเป็นกลุ่มสมาชิกและต้องไม่เกิน capacity ของโรงงานที่ลานเทนั้นเป็นสมาชิกด้วยหรืออาจจะเป็นหยิบมาทั้งเซตสมาชิกของลานเทใด ๆ ไปยังอีกโรงงานหนึ่ง ทั้งนี้จะต้องไม่เกินเงื่อนไข capacity ของโรงงานที่ได้รับการแทรกทั้งเซตสมาชิกของลานเท ดังตัวอย่างภาพที่ 7.4 (a) สมาชิกเกษตรกร 2 ของลานเทที่ 4 ถูกสุ่มเลือกให้มีการเปลี่ยนตำแหน่งไปสมาชิกของลานเทที่ 3 ดังภาพที่ 7.4 (b)

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
5	1	5	1
4	2	4	1
3	3	-	2

(a) ทำการสุ่มเลือกหนึ่งสมาชิกของกลุ่มเกษตรกร

ลานเท	กลุ่มสมาชิก เกษตรกร		โรงงาน
5	1	5	1
4	-	4	1
3	3	2	2

(b) หลังดำเนินการเปลี่ยนตำแหน่ง

ภาพที่ 7.4 ตัวอย่างการดำเนินการวิธีการแทรก

7.2 ผลการทดลองของกลุ่มตัวอย่างการทดลองด้วยวิธี local search

นอกจากการนำเสนอ 2 วิธีการ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและการโมดิฟายด์ภายในกระบวนการวิวัฒนาการโดยผลต่างด้วยวิธีการค้นหาคำตอบด้วยการเพิ่มลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ในบทที่ 5 บทที่ 6 ตามลำดับ เพื่อช่วยในการพัฒนาคำตอบของการแก้ปัญหาการทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายลำดับขั้นของกิจกรรมโลจิสติกส์ ปาล์มน้ำมัน หรืออาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาด้านอื่น ๆ ที่มีลักษณะปัญหาใกล้เคียงกัน จากการนำเสนอการจำลองสถานการณ์ตัวอย่างการทดลองที่มีความแตกต่างกันในบทที่ผ่านมา การทดลองบทนี้เราได้เพิ่ม 3 เทคนิคของวิธีการ Local search เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพปรับปรุงคุณภาพคำตอบให้

เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งของแต่ละตัวอย่างการทดลองและแสดงผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด ตัวอย่างการทดลองที่ใช้จะขอยกตัวอย่างเฉพาะในตัวอย่างการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบอยู่ในช่วง 70-90% ได้แก่ 79.66, 78.01, 78.02, 77.85 และ 89.98 ตามลำดับ ซึ่งเป็นของตัวอย่างการทดลอง Ins.20.4.1 Ins.50.1.1 Ins.50.3.1 Ins.50.4.1 และ Ins.100.5.2 ตามลำดับ ที่ผ่านวิธีการหาคำตอบด้วย MDE1 ซึ่งเป็นวิธีการของอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ทั้ง 4 อัลกอริทึม ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีการ Local search ทั้ง 3 เทคนิค จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพคำตอบของทั้ง 5 ตัวอย่างการทดลองดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การปรับปรุงคำตอบตัวอย่างการทดลองที่มีประสิทธิภาพคำตอบอยู่ในช่วง 70 – 90% ของ MDE1

instance	ผลลัพธ์จาก LINGO		MDE1		MDE1+ SWAP		MDE1 + Shifting		MDE1 + Insertion move	
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (ชม:นาที:วินาที)	คำตอบที่ดีที่สุด		คำตอบที่ดีที่สุด		คำตอบที่ดีที่สุด		คำตอบที่ดีที่สุด	
			ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
Ins.20.4.1	23,229,770	00:17:14	29,161,451	58.172	29,161,451	62.353	29,156,111	60.824	23,538,715	59.950
Ins.50.1.1	23,672,990	250:20:17	30,348,041	173.644	30,287,232	178.254	30,142,217	175.833	24,622,548	174.633
Ins.50.3.1	23,617,440	250:41:12	30,271,213	165.313	30,268,474	169.835	30,180,403	168.455	24,526,722	178.372
Ins.50.4.1	23,669,640	250:47:30	30,404,438	176.436	30,404,438	178.436	30,230,786	178.107	24,639,276	177.33
Ins.100.5.2	19,216,460	202:19:56	21,356,474	624.351	21,336,521	753.357	21,014,620	727.273	21,349,395	786.631

7.3 สรุปผลการทดลอง

จากการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ ดังผลลัพธ์คำตอบที่แสดงในตารางที่ 7.1 จะเห็นได้ว่า วิธีการ MDE1 + Insertion move มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพคำตอบที่ดีได้ทั้ง 4 ตัวอย่างการทดลอง แม้ว่าตัวอย่างการทดลอง Ins.100.5.2 จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่ากับ 0.03 % ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงคำตอบครั้งนี้ จะเป็นการปรับค่าจำนวนลานเทให้เหมาะสมกับจำนวนสมาชิกของเกษตรกรที่รับเข้าไปที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ดังเช่นตัวอย่างการทดลอง Ins.20.4.1 ที่ได้ผลลัพธ์คำตอบตามวิธี MDE1 ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคำตอบและผ่านการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ ดังตารางที่ 7.2

ภาพที่ 7.2 ตัวอย่างการทดลอง Ins.20.4.1 ตามวิธี MDE1 ที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับปรุงคำตอบ

โรงงาน	ลานเทที่	สมาชิกเกษตรกร	
โรงงานที่ 2	ลานเทที่ 1	1, 3, 2, 4	MDE1 (เดิม)
	ลานเทที่ 5	5, 6, 7, 12, 13, 9	
	ลานเทที่ 7	8, 10, 11	
โรงงานที่ 1	ลานเทที่ 13	14, 15, 16, 17, 20	
	ลานเทที่ 15	18, 19	
โรงงานที่ 2	ลานเทที่ 1	1, 3, 2, 4	MDE1 ผ่าน การปรับปรุง คำตอบ ด้วย insertion move
	ลานเทที่ 5	5, 6, 7, 12, 13, 9	
โรงงานที่ 1	ลานเทที่ 13	14, 15, 16, 17, 20	
	ลานเทที่ 15	18, 19, 8, 10, 11	

และในส่วนของการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี SWAP และ Shifting algorithm จะมีผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพคำตอบเล็กน้อย ซึ่งผลลัพธ์คำตอบที่ได้จากการปรับปรุงคำตอบเมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบเดิมที่ได้จากวิธี MDE1 สามารถปรับลดต้นทุนเพิ่มขึ้นได้อีก โดยเฉพาะวิธี insertion move algorithm สามารถลดต้นทุนได้เพิ่มขึ้นในตัวอย่างการทดลอง Ins.20.4.1, Ins.50.1.1, Ins.50.3.1, Ins.50.4.1 และ Ins.100.5.2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.28%, 18.87%, 18.98%, 18.98% และ 0.03% ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพดังตารางที่ 7.3

การเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบด้วยการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีการ Local search ทั้ง 3 สามารถแสดงประสิทธิภาพคำตอบได้ด้วยสมการที่ (7.1)

$$EF = \frac{(MDE1 - Typelocal)}{MDE1} \times 100 \quad (7.1)$$

กำหนดให้

EF ประสิทธิภาพการเปรียบเทียบคำตอบระหว่าง 2 อัลกอริทึม

MDE1 การเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ตามรูปแบบวิธีการวิวัฒนาการ โดยใช้ผลต่างด้วยการถดถอยวิธีที่ 1

Typelocal ชนิดของเทคนิค local search ที่ใช้ปรับปรุงคำตอบ ประกอบไปด้วยวิธี Swap algorithm, Shifting algorithm และ Insertion move algorithm

ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพคำตอบทั้ง 3 เทคนิค local search

instance	<i>EF</i> (%)		
	SWAP	Shifting	Insertion move
Ins.20.4.1	0.00	0.02	19.28
Ins.50.1.1	0.20	0.68	18.87
Ins.50.3.1	0.01	0.30	18.98
Ins.50.4.1	0.00	0.57	18.96
Ins.100.5.2	0.09	1.60	0.03

บทที่ 8

การแก้ปัญหา กรณีศึกษาการเพาะปลูกพืชพลังงานทดแทนจังหวัดนราธิวาส โดยพิจารณา ภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม ด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

จากการขยายและส่งเสริมพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันตามแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มของกระทรวงเกษตรฯ ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ก็ยังคงมีปัญหาและอุปสรรคหลาย ๆ ประการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทำความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหาของพื้นที่ที่เกิดขึ้น ซึ่งกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสที่พบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นตัวแทนพื้นที่ 3 จังหวัด และต่อจากนั้น ได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อช่วยในการพิจารณาตัดสินใจต่อการลงทุนให้มีต้นทุนโดยรวมน้อยที่สุด ตามที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย ต้นทุนในการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด ต้นทุนด้านสภาวะแวดล้อมและต้นทุนในด้านความปลอดภัย และจากการทดลองตัวอย่างการทดลองที่มีความสอดคล้องตามรูปแบบสถานการณ์ต่าง ๆ ของปัญหา ที่ได้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์คำตอบระหว่างโปรแกรม LINGO V.11 และการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ดังกล่าวด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DE) โดยในบทนี้ ผู้วิจัยจะทำการแก้ปัญหากับปัญหาจริงของกรณีศึกษาด้วยอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบและผ่านการทดลองตามการนำเสนอในบทที่ 5 – 7 ซึ่งประกอบไปด้วย การแก้ปัญหายุ่งยากด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง การโมดิฟายดีในการสร้างโอกาสของประชากรในการพัฒนาค้นหาคำตอบด้วยรูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด และการพัฒนาคำตอบด้วยวิธีการ local search ตามลำดับ ด้วยการใช้โปรแกรม Dev C++ ในการประมวลผลทดสอบอัลกอริทึมกับคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ประสิทธิภาพการประมวลผล Intel Core i3 CPU 3.70 GHz Ram DDR4 8 GB

8.1 ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษา

จากข้อมูลชุดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในบทที่ 3 ได้กำหนดให้ 1 ตำบลเป็นตัวแทนเกษตรกรกลุ่มพื้นที่ ซึ่งมี 77 ตำบล และแต่ละตำบลมีความสามารถที่จะเปิดเป็นลานเทได้ 77 แห่ง สามารถรับผลผลิตของปาล์มน้ำมันได้ไม่เกิน 100 ตันต่อวัน หรือ 100,000 กิโลกรัมต่อวัน อัตราค่าใช้จ่ายค่าเช่าเพลิงของยานพาหนะในแต่ละชนิด โดยคิดอัตราค่าปัจจุบันที่ 28 บาท/ลิตร จะมีค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

รถบรรทุก 4 ล้อ มีอัตราการสิ้นเปลือง 8.0 กิโลเมตร/ลิตร เท่ากับ 3.50 บาท/กิโลเมตร

รถบรรทุก 6 ล้อ มีอัตราการสิ้นเปลือง 5.0 กิโลเมตร/ลิตร เท่ากับ 5.60 บาท/กิโลเมตร

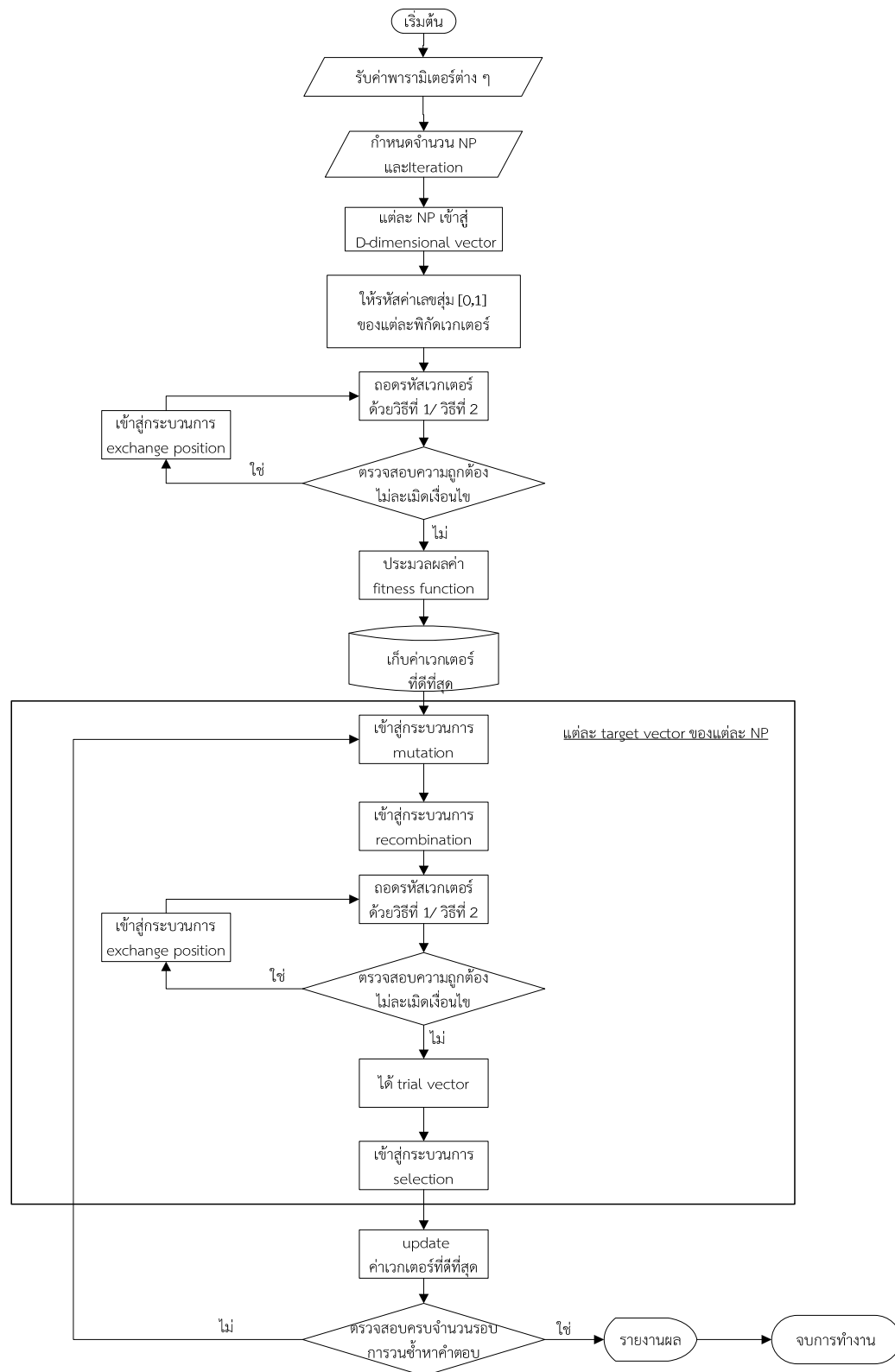
รถบรรทุก 10 ล้อ มีอัตราการสิ้นเปลือง 3.2 กิโลเมตร/ลิตร เท่ากับ 8.75 บาท/กิโลเมตร

และมีต้นทุนเกี่ยวกับพื้นที่ทำเลที่ตั้งที่แตกต่างกันไป ตามราคาประเมินที่ดินของกรมธนารักษ์ ในปี 2555 – 2558 และปัจจุบันได้มีโรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน 2 แห่ง ดังนี้

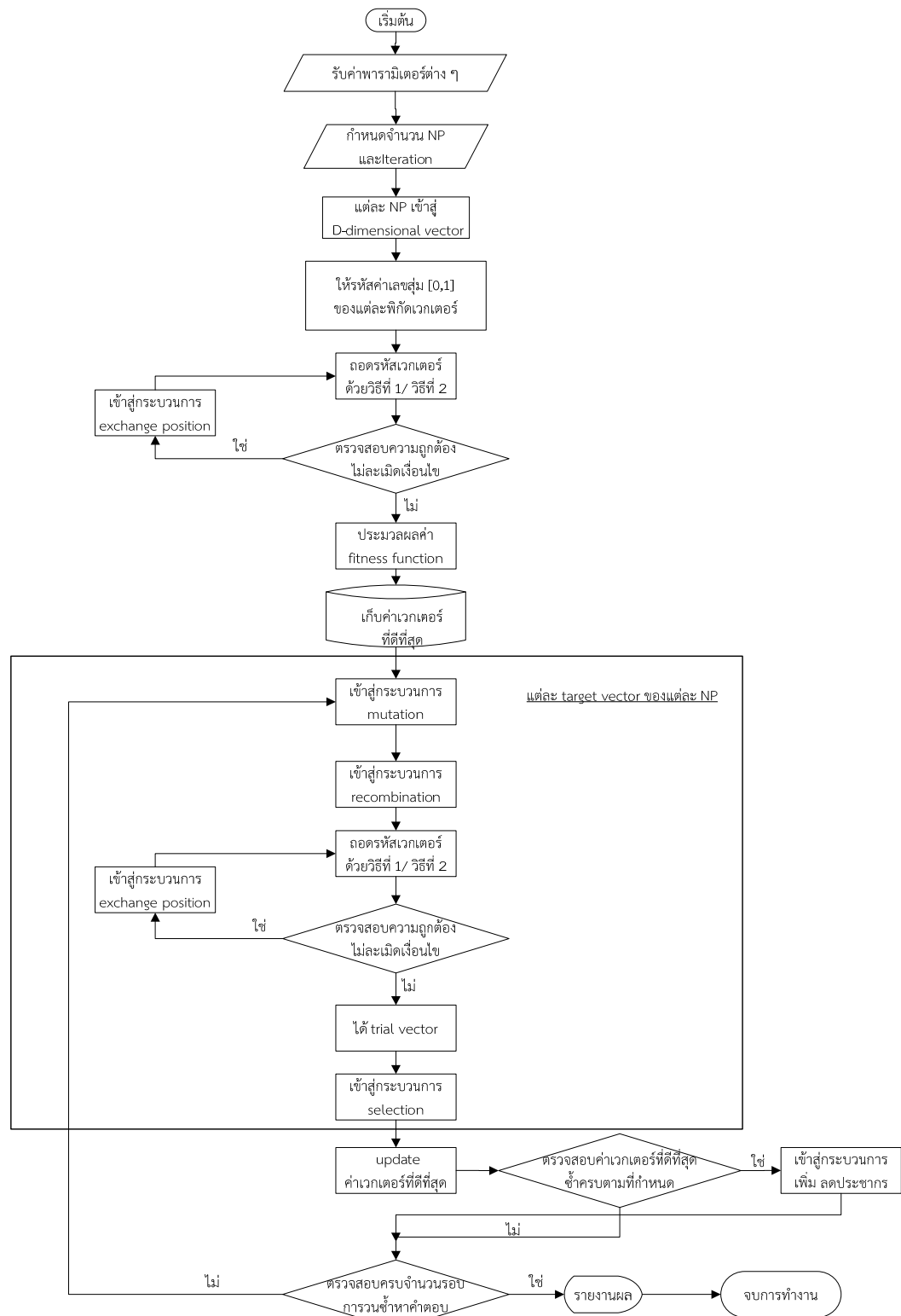
(1) สหกรณ์นิคมบาเจาะ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองนราธิวาส เป็นโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันแห่งแรกที่ก่อตั้งขึ้นมา มีกำลังผลิต 360 ตันต่อวัน หรือประมาณ 360,000 กิโลกรัมต่อวัน (8 ชั่วโมงต่อวัน)

(2) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มฟาร์มตัวอย่างไอร์บือแต ตำบลช้างเผือก อำเภोजะแนะ จังหวัดนราธิวาส เป็นโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันแห่งที่สอง ก่อตั้งต้นปี พ.ศ. 2559 มีกำลังผลิต 200 ตันต่อวัน หรือประมาณ 200,000 กิโลกรัมต่อวัน

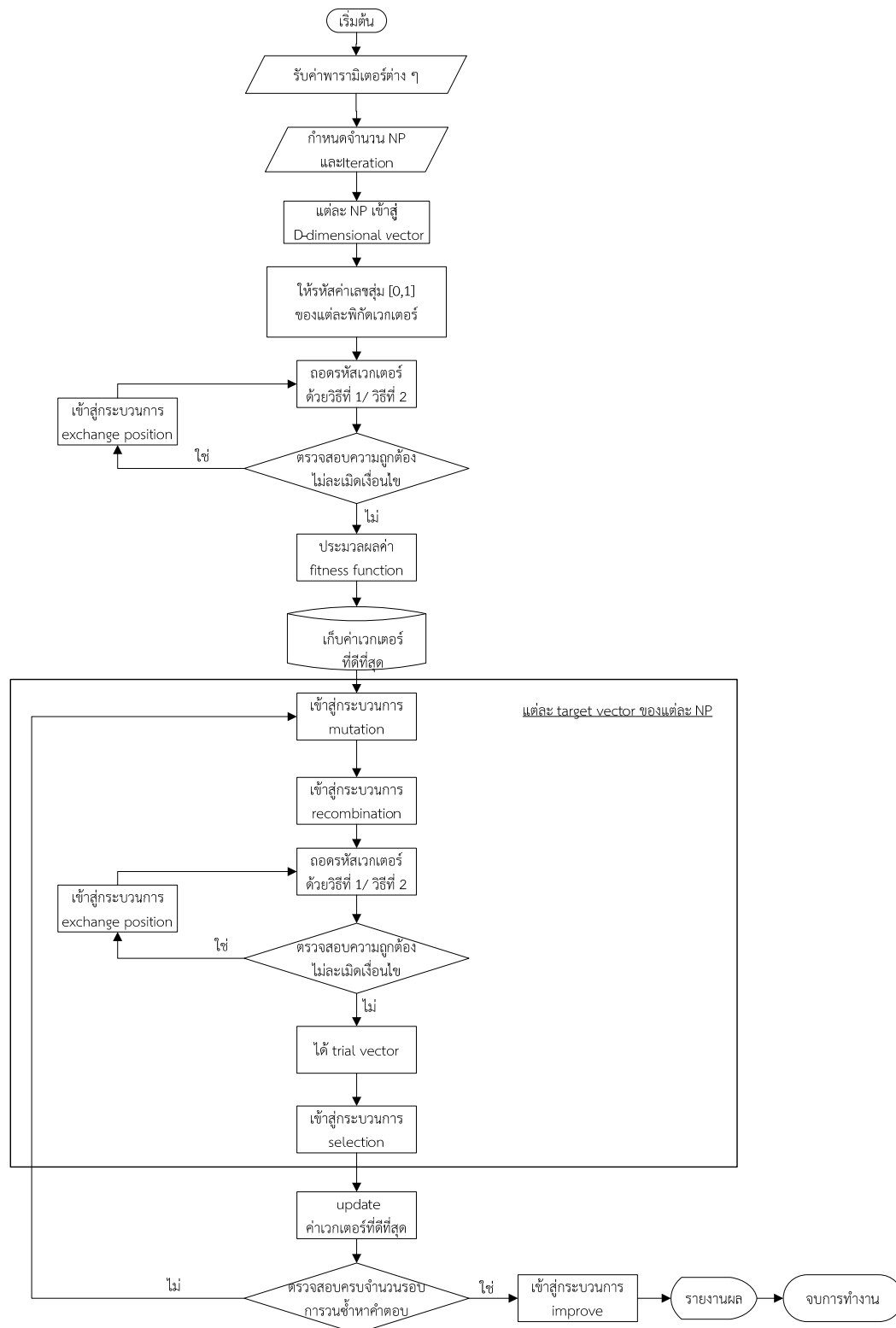
ทั้ง 2 โรงงานนี้จะมีแปรรูปปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มน้ำมัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวของพื้นที่ที่ศึกษา เพื่อใช้ในเกณฑ์การพิจารณาตัดสินใจต่อการลงทุนในการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับขั้นของกิจกรรมโลจิสติกส์ปาล์ม จังหวัดนราธิวาส ด้วยวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง การโมดิฟายดีในการสร้างโอกาสของประชากรในการพัฒนาค้นหาคำตอบด้วยรูปแบบการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด และการพัฒนาคำตอบด้วยวิธีการ local search ดังภาพที่ 8.1 – 8.4



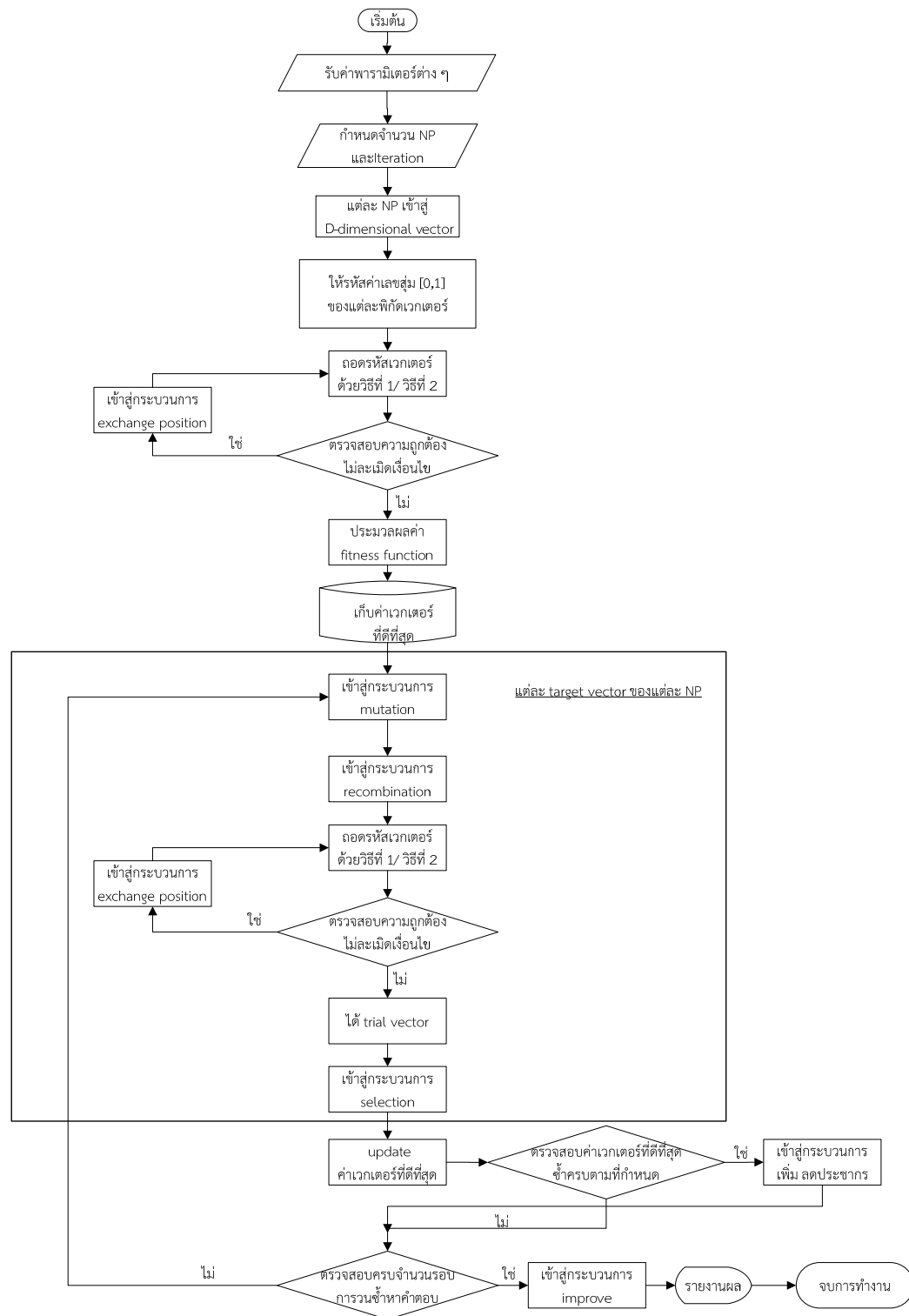
ภาพที่ 8.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบมาตรฐาน



ภาพที่ 8.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและการโมดิฟายด์การเพิ่มลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด



ภาพที่ 8.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและการพัฒนาคำตอบด้วยวิธี local search



ภาพที่ 8.4 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง การโมดิฟายการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด และการพัฒนาคำตอบด้วย วิธี local search

8.2 ผลการทดลอง

จากรูปแบบการทดลองที่แสดงในภาพที่ 8.1 – 8.4 และจากการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 ในกรณีศึกษา ผลลัพธ์คำตอบที่ได้ ณ เวลาการทำงาน 311: 51: 12 (ชั่วโมง: นาที: วินาที) แสดงสถานะ feasible solution เท่ากับ 1.29535×10^7 บาท จะใช้เป็นผลลัพธ์คำตอบเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาคำตอบของอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ ดังที่แสดงให้เห็นผลการทดสอบกับตัวอย่างทดลองที่ผ่านมาในบทที่ 5 – บทที่ 7 และการทำงานในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดค่า F เท่ากับ 2.0 ในสมการที่ (5.1) และค่า Cr เท่ากับ 0.8 ในสมการที่ (5.2) ในขั้นตอนกระบวนการมิวเทชันและขั้นตอนการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดเวกเตอร์ ใช้จำนวนประชากรในการสร้างคำตอบ (NP) เท่ากับ 100 จำนวนประชากร การวนซ้ำหาคำตอบ (Iteration) 10,000 รอบ และในส่วนของการโมดิฟายด์ การเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุด กำหนดความถี่หาคำตอบ 50 และค่า Cr เท่ากับ 0.7 ในสมการที่ (5.2) และทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง โดยผลการทดลองทั้ง 4 อัลกอริทึมและ 3 เทคนิค local search จะเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบการทำงานของโปรแกรม LINGO V.11 และเวลาในการหาคำตอบ ดังตารางแสดงผลการทดลองการแก้ปัญหากรณีศึกษาทั้ง 4 อัลกอริทึม และ 3 เทคนิค local search ในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ผลการทดลองการแก้ปัญหากรณีศึกษาทั้ง 4 อัลกอริทึมและ 3 เทคนิค local search

การสร้างคุณภาพคำตอบด้วยวิธี	การถอดรหัสวิธีที่ 1				การถอดรหัสวิธีที่ 2			
	คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ		คำตอบที่ดีที่สุด		ค่าเฉลี่ยคำตอบ	
	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)	ต้นทุน (บาท)	เวลา (วินาที)
DE	12,929,130	372.514	12,986,984	364.975	12,929,387	350.657	12,962,723	359.183
DE+SWAP	12,929,130	375.463	12,940,424	369.809	12,929,387	376.224	12,963,163	369.084
DE+Shifting	12,922,027	375.803	12,926,335	360.336	12,927,903	381.409	12,931,011	362.349
DE+Insertion	12,920,716	374.236	12,934,080	369.084	12,926,976	362.763	12,929,351	361.758
MDE	12,926,814	651.613	12,957,101	669.687	12,927,154	658.344	12,952,445	665.870
MDE+SWAP	12,924,912	653.117	12,459,908	649.483	12,927,154	670.021	12,964,351	660.099
MDE+Shifting	12,921,626	669.662	12,927,412	664.276	12,927,154	684.027	12,930,824	684.387
MDE+Insertion	12,919,294	684.857	12,932,479	684.705	12,926,814	711.502	12,968,495	667.331

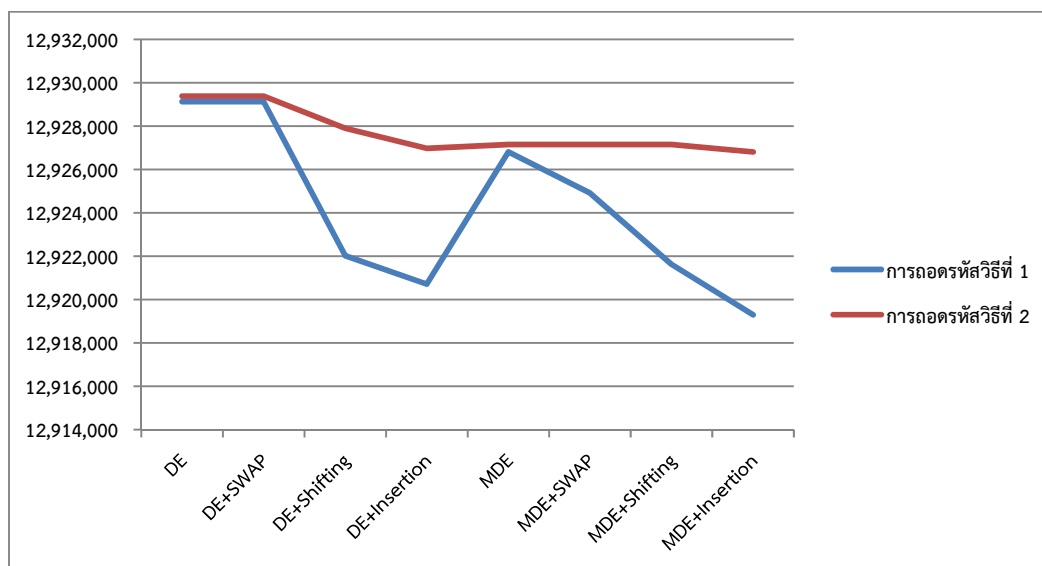
8.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในตารางที่ 8.1 และผลลัพธ์คำตอบของโปรแกรม LINGO V.11 ที่แสดงสถานะ feasible เท่ากับ 1.29535×10^7 บาท ในเวลาการทำงาน 311: 51: 12 (ชั่วโมง: นาที: วินาที) ผลลัพธ์ที่ได้จากทดลองในคำตอบที่ดีที่สุดทั้ง 4 อัลกอริทึมและ 3 เทคนิค local search จะให้ผลลัพธ์ต้นทุนที่ต่ำกว่าและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบดีกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม LINGO V.11 ณ เวลาที่แสดงอยู่ขณะนี้ วิธีการ MDE + Insertion ด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1 จะให้คำตอบที่ดีที่สุดของอัลกอริทึมทั้งหมด ผลลัพธ์ที่ได้เท่ากับ 12,919,294 บาท ในเวลาที่ 684.857 วินาที เมื่อเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบกับ LINGO V.11 วิธี MDE + Insertion ด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1 จะมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่า มีต้นทุนลดลง 34,206 บาท และผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง

ของลานเทที่เหมาะสมและกลุ่มสมาชิกของเกษตรกรในแต่ละรายให้แก่ลานเท และลานเทที่ต้องส่งผลผลิตต่อไปยังโรงงานที่ได้กำหนด ดังที่แสดงในภาพที่ 8.5 แต่หากพิจารณาวิธีการหาคำตอบด้วยการโมดิฟายด์ การเพิ่ม ลด จำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ที่ดีที่สุดของผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาจะให้คำตอบที่ดีที่สุดดีกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างรูปแบบเดิม ดังภาพที่ 8.5 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา สามารถเข้าสู่คำตอบที่ดีขึ้นมากกว่าเดิม แต่เมื่อมีการเพิ่ม 3 เทคนิค local search เข้าไปช่วยปรับปรุงคำตอบก็ยังให้ผลลัพธ์คำตอบดีขึ้นเกือบทุกกรณี ยกเว้นวิธี SWAP algorithm ที่มีผลการปรับปรุงคำตอบได้เพียง 1 วิธีที่ใช้หาคำตอบกรณีศึกษา

ตารางที่ 8.2 ผลลัพธ์คำตอบของกรณีศึกษาระหว่างการใช้ LINGO V.11 กับ MDE1 + Insertion

โรงงาน	ลานเทที่	สมาชิกเกษตรกร	วิธีการ แก้ปัญหา กรณีศึกษา
โรงงานที่ 2	ลานเทที่ 69	5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 76	LINGO V.11
	ลานเทที่ 73	1, 2, 3, 4, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 33, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 53, 56, 74, 75, 77	
โรงงานที่ 1	ลานเทที่ 72	6, 29, 40, 66, 72	
โรงงานที่ 2	ลานเทที่ 69	33, 38, 52, 63, 69, 40, 17, 39, 58, 9, 37, 70, 12, 62, 71, 31, 32, 23, 66, 18, 45, 57, 51, 41, 54, 46, 77, 55, 61, 50, 11, 48, 73, 76	MDE1 + Insertion
	ลานเทที่ 73	7, 21, 49, 10, 44, 29, 67, 74, 36, 26, 8, 35, 20, 42, 25, 16	
โรงงานที่ 1	ลานเทที่ 72	2, 27, 30, 75, 6, 1, 53, 19, 24, 5, 14, 47, 4, 43, 56, 22, 68, 28, 3, 72, 64, 13, 34, 60, 15, 59, 65	



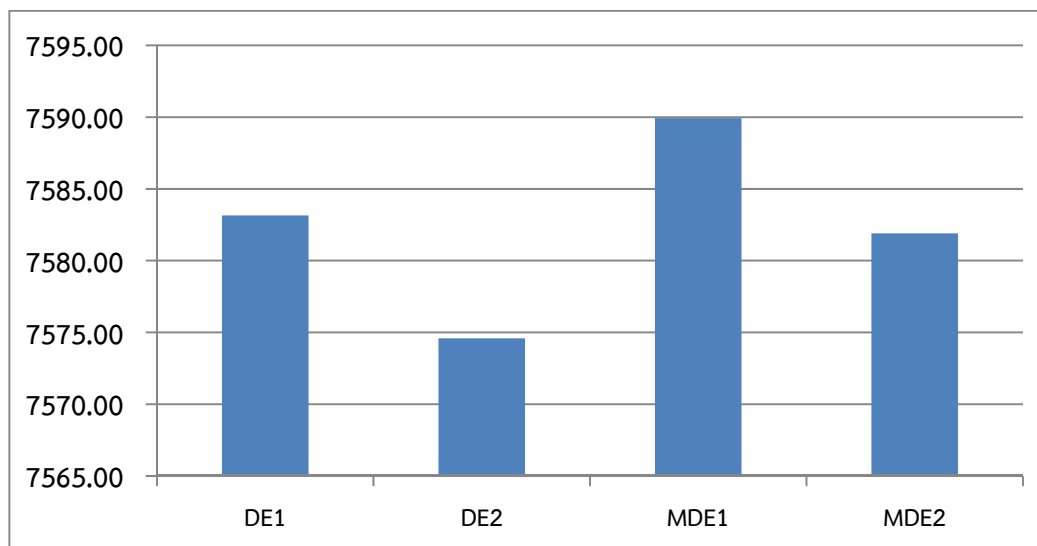
ภาพที่ 8.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบระหว่าง DE รูปแบบเดิม การโมดิฟายด์ DE และการเพิ่ม 3 เทคนิค local search ด้วยการถอดรหัส 2 วิธี

บทที่ 9

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

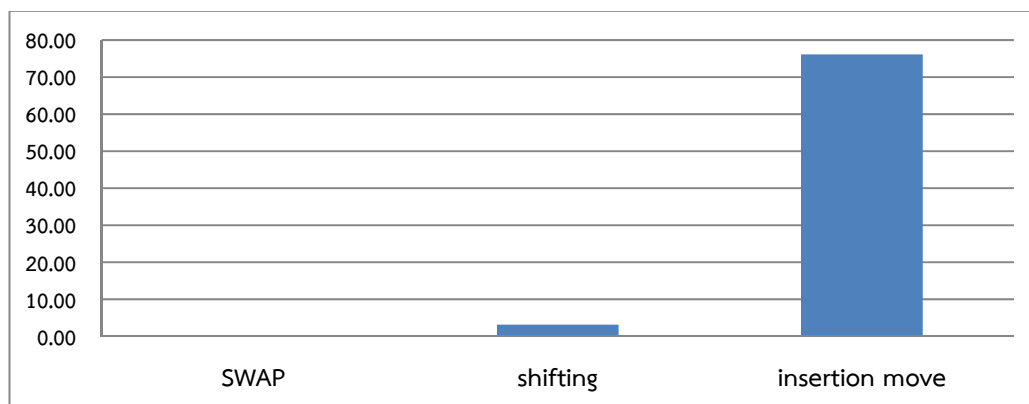
9.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เราได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้น โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม ที่ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการดำเนินกิจกรรม โดยใช้จังหวัดนราธิวาสเป็นพื้นที่กรณีศึกษา ทำการศึกษาและพัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์ขึ้นมาตามกรอบแนวคิดเพื่อใช้เป็นแนวทางแก้ปัญหาไว้ 3 ประเด็น ให้มีต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านต่ำสุด ตามที่นำเสนอในบทที่ 1 โดยในงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ 4 อัลกอริทึม อัลกอริทึมที่ 1 แทนความหมายด้วย DE1 เป็นการใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1 อัลกอริทึมที่ 2 แทนความหมายด้วย DE2 เป็นการใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 2 และอีก 2 อัลกอริทึมเป็นการโมดิฟายวิธีการเดิมของวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างด้วยการเพิ่ม ลดจำนวนประชากรรุ่นลูกของเวกเตอร์ด้วยการถอดรหัสวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 แทนความหมายด้วย MDE1 และ MDE2 จะเป็นอัลกอริทึมที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองทั้ง 75 ตัวอย่างการทดลองและกรณีศึกษา วิธี MDE1 และ MDE2 สามารถลดต้นทุนรวมเพิ่มขึ้นได้อีกประมาณ 1% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธี DE1 และ DE2 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบรวมทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธี MDE1 เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากที่สุด รองลงมาคือวิธี DE1 MDE2 และ DE2 จะเป็นวิธีที่ตามลำดับ ดังที่แสดงในรูปที่ 9.1



ภาพที่ 9.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบรวมของ 4 อัลกอริทึม

และเมื่อมีการเพิ่ม 3 เทคนิค local search เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพคำตอบให้ดีขึ้น ผลที่ได้จากการ 5 ตัวอย่างการทดลอง ดังที่แสดงในตารางที่ 7.1 การใช้วิธี insertion move เข้าไปช่วยปรับปรุงคุณภาพคำตอบต่อจากวิธี MDE1 ให้ผลรวมการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากที่สุดทั้ง 5 ตัวอย่างการทดลองซึ่งเท่ากับ 76.12 % ตามด้วย Shifting เท่ากับ 3.71 % และวิธี SWAP เท่ากับ 0.30 % ดังภาพที่ 9.2



ภาพที่ 9.2 ผลรวมการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ 5 ตัวอย่างการทดลองในตารางที่ 7.1 ด้วยวิธี MDE1 ร่วมกับการปรับปรุงคำตอบของแต่ละอัลกอริทึมใน 3 เทคนิค local search

และในภาพที่ 9.3 จะแสดงให้เห็นในประสิทธิภาพของ 3 เทคนิค local search ในกรณีศึกษา



ภาพที่ 9.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของกรณีศึกษาในตารางที่ 8.1 ที่ใช้ร่วมเพื่อปรับปรุง DE1 DE2 MDE1 และ MDE2 ของแต่ละอัลกอริทึมใน 3 เทคนิค local search

ผลลัพธ์ที่ได้จะยังแสดงให้เห็นว่าวิธีการ SWAP algorithm ไม่สามารถที่จะปรับปรุงคำตอบได้ทั้งหมดของกรณีศึกษา แต่วิธีการปรับปรุงคำตอบด้วย insertion move algorithm สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีที่สุด และตามด้วยวิธี Shifting algorithm แต่ถ้าหากพิจารณาภาพรวมที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่ทำการทดลองทั้งหมด วิธี insertion move algorithm และวิธี shifting algorithm สามารถช่วยลดต้นทุนได้อีก จากผลลัพธ์คำตอบที่ได้จากวิธี DE1, DE2, MDE1 และ MDE2 โดยผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดในการศึกษาของตารางที่ 8.1 จะเป็น MDE1+ insertion เท่ากับ 12, 919, 294 บาท จากเดิมที่ MDE1 ให้ผลลัพธ์คำตอบเท่ากับ 12,926,814 บาท สามารถลดต้นทุนเพิ่มขึ้น ได้เท่ากับ 7,520 บาท หากเปรียบเทียบผลลัพธ์คำตอบของ LINGO V.11 สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 34,206 บาท และเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลหาคำตอบวิธี DE1 DE2 MDE1 MDE2 ใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่าการใช้โปรแกรม LINGO V.11 จากผลของการทำงานด้วยโปรแกรม LINGO V.11 แสดงผลลัพธ์คำตอบที่มีความเป็นไปได้ในเวลา 311: 51: 12 (ชั่วโมง: นาที: วินาที) แต่วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธี DE1 DE2 MDE1 และ MDE2 ที่ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีที่สุดใช้เวลาเท่ากับ 372.514, 350.657, 651.613 และ 658.344 วินาที ตามลำดับ และผลลัพธ์คำตอบที่ได้ MDE1 และ MDE2 จากวิธีโมติฟายด์ก็ให้ผลลัพธ์ต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธีการหาคำตอบเดิมของ DE1 และ DE2

9.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางของการวิจัยในอนาคต

สำหรับงานวิจัยที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้น โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม ที่ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าต่อลงทุนในการดำเนินกิจกรรมเพิ่มเติมในอนาคตมีดังต่อไปนี้

9.2.1 ควรศึกษาเงื่อนไขกรอบเวลา (Time Windows) ซึ่งอาจมีส่วนสำคัญต่อการลดปริมาณและคุณภาพของน้ำมันปาล์ม เมื่อเข้าสู่การสกัดปาล์มน้ำมัน

9.2.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่มีการใช้รถบรรทุกไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งอาจจะกำหนดแนวทางออกมารับผลผลิตปาล์มจากเกษตรกรรายอื่น หรืออาจจะเป็นกำหนดคาบโตะ

9.2.3 ควรศึกษาวิธีเมตาฮิวริสติกหลาย ๆ วิธี เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาคำถามที่เลือกทำเลที่ตั้งและการจัดสรรงานที่มีหลายระดับชั้น โดยพิจารณาภาวะความเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม หรืออาจจะผสมผสานรูปแบบเมตาฮิวริสติก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดี

9.2.4 พิจารณาสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบหลายวัตถุประสงค์ หลายระดับชั้น เพื่อให้มิติมุมมองที่มุ่งเน้นให้ความสำคัญในแต่ละด้านของปัญหา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน, 2558.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม 2559. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- การค้าไทย. “สถิติการนำเข้าน้ำมันดิบและการส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปของประเทศไทย ปี 2542-2559”, สรุปการส่งออก/นำเข้า/ดุลการค้า. <http://www2.ops3.moc.go.th/>. 10 มีนาคม, 2560.
- ทองพูน ทองดี. การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายงานแบบหลายลำดับชั้นหลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเอทานอลจากชานอ้อยและกากมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.
- นงครัตน์ แสนสมพร. ต้นทุนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในจังหวัดกระบี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554.
- นันทพงศ์ นันทสำเร็จ. “ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบชานอ้อย แบบหลายวัตถุประสงค์”, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 14(3): 225-230; มีนาคม, 2552.
- ปรุพท์ มะยะเฉียว. การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นในโซ่อุปทาน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.
- มณฑนา กระโหมวงศ์. “แนวทางการบริหารจัดการโลจิสติกส์ของปาล์มน้ำมันเพื่อเกิดประสิทธิภาพ”, วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 5(4): 216-227; พฤศจิกายน, 2556.
- มณฑนา กระโหมวงศ์. “ปัญหาการจัดการโลจิสติกส์ของผู้ผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อการค้าในสามจังหวัดชายแดนใต้”, วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 27(2): 14-28; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2559.
- มานพ วราภักดิ์. การจำลอง (Simulation). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- ศรีสมภพ จิตรภิมย์ศรี และคณะ. วิเคราะห์สถานการณ์ความไม่สงบ ในสามจังหวัดชายแดนใต้ ในช่วง 13 ปี นับตั้งแต่ปี 2547 – 2559. ปัตตานี: ศูนย์เฝ้าระวังสถานการณ์ภาคใต้, 2559.
- ศูนย์ปฏิบัติการตำรวจจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศชต.) สถิติความรุนแรงในเหตุการณ์ความไม่สงบในสามจังหวัดชายแดนใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2555. ยะลา: ศูนย์ปฏิบัติการตำรวจจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศชต.), 2555.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2551 – 2559. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. รายงานสถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าของไทย พ.ศ. 2559. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน, 2559.
- Al-Sultan, K. S. and Al-Fawzan, M. A. “A tabu search approach to the uncapacitated facility location problem”, **Annals of Operations Research**. 86(1): 91-103; January, 1999.
- Alumur, S. and Kara, B. “A new model for the hazardous waste location-routing problem”, **Computers & Operations Research**. 34 (5): 1406-1423; May, 2007.
- Amiri, A. “Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure”, **European Journal of Operational Research**. 171(2): 567-576; February, 2006.
- Arosteggui, M. and et al. “An empirical comparison of tabu search, simulated annealing and genetic algorithm for facilities location problem”, **International Journal of Production Economics**. 103(2): 742-754; October, 2006.
- Badri, M. A. “Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem”, **International Journal of production Economics**. 62(3): 237-248; February, 1999.
- Balinski M. L. “Integer Programming: Methods, Uses, Computation”, **Management Science**. 12(3): 253-313; November, 1965,
- Bargos, F. F., Lamas, W .D. Q and Bargos, D. C. “Location problem method applied to sugar and ethanol mill location optimization”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 65(1): 274-282; November, 2016.
- Berman, O. and et al. “Designing emergency response networks for hazardous materials transportation”, **Computers & Operations Research**. 34(5): 1374-1388; May, 2007.
- Brimberg, J. and Mladenovic, N. “Solving the the continuous location-allocation problems with tabu search”, **Studies in location Analysis**. 8(1): 23-32; Spring–Summer, 1996.
- Cappanera, P. and et al. “Discrete facility location and routing of obnoxious activities”, **Discrete Applied Mathematics**. 133 (1-3): 3-28; November, 2004.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Castillo, J. E. **Route optimization for Hazardous materials transport**. Institute for geo-Information science and earth observation. Netherlands: University of Twente, 2004.
- Chan F. T. S. and Kumar, N. “Effective allocation of customer to distribution centers: A multiple ant colony optimization approach”, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**. 25(1): 1-12; January, 2009.
- Cheng, C. Y. “Using integer programming to solve the crew scheduling problem in the Taipei rapid transit corporation”, **WSEAS Transactions on Information Science and Applications**. 5(4): 331-341; April, 2008.
- Combe, A. and et al. “Locating bioenergy facilities using a modified GIS-based location-allocation-algorithm: Considering the spatial distribution of resource”, **Applied Energy**. 154 (7): 309-316; May, 2015.
- Cooper, L. “Location – Allocation problem”, **Operations Research**. 11(3): 331-343; June, 1963.
- Daskin, M. S. and et al. **To harden or not to harden**. Canterbury, England: University of Kent Business School, 2005.
- Deb, K. and et al. “A fast and elitist multi-objective genetic algorithm: NSGA-II”, **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**. 6(2): 182-197; February, 2002.
- Dechampai, D. and et al. “A differential evolution algorithm for the capacitated VRP with Flexibility for mixing pickup and delivery services and the maximum duration route in poultry industry”, **Journal of Intelligent Manufacturing**. 28(6): 1357-1376; August, 2017.
- Doerner, K. F. and et al. “Multi-criteria location planning for public facilities in tsunami-prone coastal areas”, **OR Spectrum**. 31(3): 651-678; June, 2009.
- Drazner, Z. **Facility location: A Survey of Applications and Methods**. New York: Springer, 1995.
- Drazner, Z. and Klamroth, K. **The weber problem, in: Book Facility Location: Applications and Theory**. Berlin: Springer, 2002.
- Duh, J. D. and Brown, D. G. “Knowledge-informed Pareto simulated annealing for multi-objective spatial allocation”, **Computers, Environment and Urban System**. 31(3):253-281; May, 2007.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Edwards, R. and et al. “GIS-based assessment of cereal straw energy in European Union”, In **Proceeding of expert consultation: cereals straw resource for bioenergy in European Union. European Commission, Directorate – General**. p. 11-22. Pamplona, Spain: Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, 2006.
- Erbao, C. and Lai, M. “A Hybrid differential evolution algorithm to vehicle routing problem with fuzzy demands”, **Journal of Computational and Applied Mathematics**. 231(1): 302-310; September, 2009.
- Erkut, E. and Alp, O. “Designing a network for hazardous materials shipment”, **Computers & Operations Research**. 34(5): 1389-1405; May, 2007.
- Erkut, E. and Ingolfsson, A. “Transport risk models for hazardous materials: revisited”, **Operations Research Letters**. 33(1): 81-39; January, 2005.
- Erkut, E. and Verter, V. “Modeling of transport risk for hazardous material”, **Operations Research**. 46(5): 625-642; October, 1998.
- Fan, Q. and Yan, X. “Self-adaptive differential evolution algorithm with discrete mutation control parameters”, **Expert Systems with Applications**. 42(3): 1551-1572; February, 2015.
- Farahani, R. Z. and et al. “Multiple criteria facility location problems: A survey”, **Applied Mathematical Modelling**. 34(7): 1689-1709; July, 2010.
- Fazel-Zaradi, M. M. and et al. “Solving a location-Allocation Problem with logic-Based Bender’s Decomposition”, In **Proceeding of fifteenth International Conference of Principles and Practice of Constraint Programming (CP09)**. p. 344-351. Lisbon, Portugal: Springer Lecture Notes in Computer Science, 2009.
- Fernandez, J. and et al. “A continuous location model for siting a non-noxious undesirable facility within a geographical region”, **European Journal of Operation Research**. 121(2): 259-274; February, 2000.
- Glover, F. and Kochenberger, G.A. **Handbook of meta heuristics, International series in operations research and management science**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003.
- Gokbayrak, K. and Kocaman, A.S. “A distance – limited continuous location-allocation problem for spatial planning of decentralized systems”, **Computers & Operations Research**. 88(1): 15-29; January, 2017.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Guha, S. and Khuller, S. “Greedy strikes back: improved facility location algorithm”, **Journal of Algorithms**. 31(1): 228-248; April, 1999.
- Hajpour, V. and et al. “Multi-objective multi-layer congested facility location-allocation problem optimization with pareto-based meta-hueristic”, **Applied Mathematical Modelling**. 40(7-8): 4948-4969; April, 2016.
- Hakimi, S. “Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problem”, **Operations Research**. 13(3): 462-475; June, 1964.
- Hsieh, K. H. and Tien, F. C. “Self-organizing feature maps for solving location-allocation problem with rectilinear distance”, **Computer & Operations Research**. 31(7): 1017-1031; July, 2004.
- Kuenne, R. E. and Soland, R. M. “Exact and approximate solution to the multi source Webber problem”, **Math program**. 3(1): 193-209; December, 1972.
- Kukkonen, S. and Lampinen, J. “An extension of generalized differential evolution for multi-objective optimization with constraints”, In **Proceeding of PPSN 2004, the 8th International conference on parallel problem solving from nature, September 18-22, 2004**. p. 752-761. United Kingdom: Birmingham, Springer, 2004.
- Li, X., Liu, Z. and Zhang, X. “Applying genetic algorithm and Hilbert curve to capacitated location allocation of facilities”, In **2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, AICI 2009, November 7-8, 2009**. p. 378-383. China: Shanghai, 2009.
- Liao, T. W. and et al. “Two hybrid differential evolution algorithm for optimal inbound and outbound truck sequencing in cross docking operations”, **Applied Soft Computing**. 12(11): 3683-3697; November, 2012.
- Liu, W.S. and et al. “A genetic algorithm approach to location-allocation problem in Urban Garbage Logistics System”, In **IT in medicine and Education, 2008, ITME 2008 IEEE International Symposium on, 2008**. p. 71-75. Xiamen, China: ITME, 2008.
- Marianov, V. and Revelle, C. “Linear non-approximated models for optimal routing in hazardous environments”, **The Journal of the Operational Research Society**. 49(2): 157-164; February, 1998.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Mark, B. and et al. “Creating land allocation zones for forest management: a simulated annealing approach”, **Canadian Journal of Forest Research**. 34(8): 1669-1682; February, 2004.
- Melkote, S. and Daskin, M. S. “Capacitated facility location/network design problem”, **European Journal of Operational Research**. 129(3): 481-495; March, 2001.
- Murray, A. T. and Church, R. L. “Applying simulated annealing to location-planning models”, **Journal of Heuristics**. 2(1): 31-53; January, 1996.
- Ohlemüller, M. “Tabu search for large location-allocation problem”, **Journal of the Operational Research Society**. 48(7): 745-750; July, 1997.
- Pitakaso, R. and Thongdee, T. H. “Solving a multi-objective, Source & Stage location-allocation Problem using Differential Evolution”, In **Proceeding of the Asoa Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, 2012**. p. 1053-1060. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University, 2012.
- Rahmani, A. and MirHassani, S. A. “Ahybrid Firefly-Genetic Algorithm for the capacitated facility location problem”, **Information Sciences**. 283(1): 70-78; November, 2014.
- Saeidian, B. and et al. “Evaluation and comparision of genetic algorithm and bees algorithm for location-allocation of earthquake relief centers”, **International Journal of disaster Risk Reduction**. 15(1):94 – 107; March, 2016.
- Şahin, C. and Kuvvetli, Y. “Differential evolution based meta-heuristic algorithm for dynamic continuous berth allocation problem”, **Applied Mathematical Modelling**. 40(23–24): 10679-10688; December, 2016.
- Salhi, S. and Gamal, M. D. H. “A Genetic Algorithm Based Approach for the Uncapacitated Continuous Location-Allocation Problem”, **Annals of Operations Research**. 123(1-4): 203-222; October, 2003.
- Sasaki, S. and et al. “Using genetic algorithm to optimize current and future health planning the example of ambulance location”, **International Journal of Heath Geographics**. 9(4): 4-14; January, 2010.
- Sethanan, K. and Pitakaso, R. “Improved differential evolution algorithms for solving generalized assignment problem”, **Expert Systems with Applications**. 45(3): 450-459; March2016a.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Sethanan, K. and Pitakaso, R. “Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation”, **Computers and Electronics in Agriculture**. 121(3): 245-259; February, 2016b.
- Shiripour, S. and et al. “The Capacitated Location-Allocation Problem in the Presence of k Connections”, **Applied Mathematics**. 2(1): 947-952; January, 2011.
- Storn, R. and Price, K. “Differential evolution a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces”, **Journal of Global Optimization**. 11(4): 341-359; January, 1997.
- Su, Zh. and et al. “Multiple emergency resource allocation for concurrent incidents in natural disasters”, **International Journal of disaster Risk Reduction**. 17(1): 199-212; January, 2016.
- Sultana, A. and Kumar, A. “Optimal siting and size of bioenergy facilities using geographic information system”, **Applied Energy**. 94(1): 192-201; January, 2012.
- Vidyarthi, N. and Javaswal, S. “Efficient solution of a class of location-allocation problems with stochastic demand and congestion”, **Computers & Operations Research**. 48(1): 20-30; August, 2014.
- Weber, A. **Theory of the location of industries**. Chicago: University of Chicago, 1909.
- Xu, G. and Xu, J. “An LP Rounding Algorithm for approximating uncapacitated facility location problem with penalties”, **Information Processing Letters**. 94(3): 119-123; May, 2005.
- Zhou, Q. and et al. “The EXCESS MICROSPOROCTES1 gene encodes a putative leucine-rich repeat receptor protein kinase that controls somatic and reproductive cell fates in the Arabidopsis anther”, **Genes & Development**. 16(15): 12021-2031; August, 2002.
- Zhao, D. and et al. “Multi-objective Emergency Facility location Problem Based on Genetic Algorithm”, **Computational Intelligence and Intelligent Systems**. 51(1): 97-103; January, 2009.
- Zitzler, E. and Thiele, L. “Multiobjective evolutionary algorithms: A comparative case study and the strength pareto approach”, **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**. 3(4):257–271; April, 1999.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลลัพธ์คำตอบตัวอย่างการทดลอง Ins.5.4.3
ด้วยการใช้โปรแกรม LINGO V.11

ผลลัพธ์คำตอบของตัวอย่างการทดลอง Ins.5.4.3 ด้วยการใช้โปรแกรม LINGO V.11

Global optimal solution found.

Objective value: 5892012.

Objective bound: 5892012.

Infeasibilities: 0.000000

Extended solver steps: 0

Total solver iterations: 2974

Variable	Value	Reduced Cost
TOTALACTIVITIES	5743349.	0.000000
TOTALENVIRONMENT	1151.472	0.000000
TOTALRISK	147512.0	0.000000
TRP(1)	2.000000	8031.888
Z(1)	1.000000	0.000000
X(1, 1)	1.000000	0.000000
X(2, 1)	1.000000	0.000000
X(3, 1)	1.000000	0.000000
X(4, 1)	1.000000	0.000000
X(5, 1)	1.000000	0.000000
Q(1, 1)	13.00000	0.000000
Q(2, 1)	11.00000	0.000000
Q(3, 1)	3.000000	0.000000
Q(4, 1)	11.00000	0.000000
Q(5, 1)	4.000000	0.000000
QA(1, 1)	42.00000	0.000000
Y(1, 1)	1.000000	16063.78

ภาคผนวก ข

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างทั้ง 2 วิธีที่ใช้ถอดรหัส
โดยเปรียบเทียบกับผลลัพธ์คำตอบจากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์

$$DE - EF (\%) = \frac{R - LINGO}{R - DET} \times 100$$

กำหนดให้

$DE - EF$ = ประสิทธิภาพของการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (%)

$R - LINGO$ = ต้นทุนรวมของตัวอย่างการทดลองที่ได้จากตัวแบบทาง
คณิตศาสตร์ (บาท)

$R - DET$ = ต้นทุนรวมค่าเฉลี่ยคำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ได้จากวิธีการ
วิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างของแต่ละวิธีการถอดรหัส

ตารางที่ ก.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี DE1 และ DE2

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	DE1	DE2	DE1	DE2
Ins. 5.1.1	17,563,210	17,563,210	17,563,210	100.00	100.00
Ins. 5.1.2	6,180,076	6,180,076	6,180,076	100.00	100.00
Ins. 5.1.3	6,215,495	6,215,495	6,215,495	100.00	100.00
Ins. 5.2.1	17,756,540	17,756,540	17,756,540	100.00	100.00
Ins. 5.2.2	11,780,130	11,802,620	11,802,620	99.81	99.81
Ins. 5.2.3	11,780,010	11,806,850	11,806,846	99.77	99.77
Ins. 5.3.1	17,481,870	17,483,340	17,481,870	100.00	100.00
Ins. 5.3.2	11,686,020	11,686,020	11,686,020	100.00	100.00
Ins. 5.3.3	11,686,020	11,690,268	11,686,020	100.00	100.00
Ins. 5.4.1	17,419,180	17,426,040	17,424,440	99.97	99.97
Ins. 5.4.2	5,892,762	5,892,762	5,892,762	100.00	100.00
Ins. 5.4.3	5,892,012	5,892,012	5,892,012	100.00	100.00
Ins. 5.5.1	23,137,570	23,141,830	23,139,897	99.99	99.99
Ins. 5.5.2	11,572,710	11,594,412	11,593,644	99.82	99.82
Ins. 5.5.3	11,558,210	11,593,694	11,593,128	99.70	99.70

ตารางที่ ก.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี DE1 และ DE2 (ต่อ)

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	DE1	DE2	DE1	DE2
Ins. 10.1.1	23,165,420	23,243,780	23,223,614	99.75	99.84
Ins. 10.1.2	11,830,830	11,842,180	11,842,173	99.90	99.90
Ins. 10.1.3	6,614,473	6,614,473	6,614,473	100.00	100.00
Ins. 10.2.1	23,223,900	23,279,002	23,285,148	99.82	99.78
Ins. 10.2.2	6,331,655	6,331,655	6,331,655	100.00	100.00
Ins. 10.2.3	6,299,044	6,299,044	6,299,044	100.00	100.00
Ins. 10.3.1	23,223,900	23,273,992	23,275,282	99.81	99.85
Ins. 10.3.2	6,301,195	6,301,195	6,301,195	100.00	100.00
Ins. 10.3.3	6,301,195	6,301,195	6,301,195	100.00	100.00
Ins. 10.4.1	23,121,100	23,183,122	23,169,202	99.78	99.89
Ins. 10.4.2	6,219,999	6,219,999	6,219,999	100.00	100.00
Ins. 10.4.3	6,235,988	6,235,988	6,235,988	100.00	100.00
Ins. 10.5.1	23,077,430	23,137,464	23,138,823	99.82	99.76
Ins. 10.5.2	11,636,140	11,659,838	11,651,859	99.98	99.98
Ins. 10.5.3	11,629,100	11,644,972	11,655,002	100.00	99.94
Ins. 20.1.1	34,702,830	35,138,032	35,142,538	98.80	98.83
Ins. 20.1.2	7,237,587	7,237,587	7,237,587	100.00	100.00
Ins. 20.1.3	7,104,714	7,104,714	7,104,714	100.00	100.00
Ins. 20.2.1	34,803,430	35,148,780	35,163,378	99.09	99.12
Ins. 20.2.2	11,993,320	12,034,166	12,051,546	99.79	99.57
Ins. 20.2.3	6,734,272	6,734,272	6,738,652	100.00	100.00
Ins. 20.3.1	34,734,070	35,047,578	35,046,446	99.24	99.20
Ins. 20.3.2	6,893,525	6,893,525	6,893,525	100.00	100.00
Ins. 20.3.3	7,163,715	7,163,715	7,177,361	100.00	100.00
Ins. 20.4.1	23,229,770	29,187,155	29,182,303	79.62	79.69
Ins. 20.4.2	6,577,674	6,577,674	6,577,674	100.00	100.00
Ins. 20.4.3	6,540,678	6,540,678	6,540,678	100.00	100.00
Ins. 20.5.1	34,678,380	35,067,854	35,056,225	98.93	99.06
Ins. 20.5.2	6,848,688	6,848,688	6,848,688	100.00	100.00
Ins. 20.5.3	6,915,685	6,915,685	6,915,685	100.00	100.00

ตารางที่ ก.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี DE1 และ DE2 (ต่อ)

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	DE1	DE2	DE1	DE2
Ins. 50.1.1	23,672,990	30,497,106	30,556,774	77.91	77.62
Ins. 50.1.2	7,922,536	7,922,536	7,935,361	100.00	99.91
Ins. 50.1.3	8,103,295	8,103,295	8,137,340	100.00	99.62
Ins. 50.2.1	35,007,000	36,309,271	36,269,524	96.65	96.69
Ins. 50.2.2	7,914,427	7,914,427	7,917,213	100.00	99.96
Ins. 50.2.3	8,644,441	8,644,441	8,678,737	100.00	99.60
Ins. 50.3.1	23,617,440	30,419,020	30,489,077	77.78	77.54
Ins. 50.3.2	8,535,327	8,535,327	8,562,539	100.00	99.68
Ins. 50.3.3	7,857,692	7,857,692	7,869,399	100.00	99.85
Ins. 50.4.1	23,669,640	30,521,959	30,517,583	77.63	77.82
Ins. 50.4.2	8,071,746	8,071,746	8,079,351	100.00	99.91
Ins. 50.4.3	8,046,561	8,046,561	8,059,182	100.00	99.87
Ins. 50.5.1	29,299,820	30,560,242	30,595,107	96.06	95.87
Ins. 50.5.2	7,920,928	7,920,928	7,945,579	100.00	99.72
Ins. 50.5.3	8,208,933	8,208,933	8,211,438	100.00	99.97
Ins. 100.1.1	48,952,380	50,545,359	50,791,822	97.20	96.56
Ins. 100.1.2	19,736,330	15,999,045	15,938,937	125.51	125.18
Ins. 100.1.3	26,240,320	15,698,968	15,768,449	169.79	168.11
Ins. 100.2.1	54,442,200	56,042,983	56,215,375	97.52	96.93
Ins. 100.2.2	14,178,920	15,223,996	15,272,329	95.27	93.65
Ins. 100.2.3	14,759,630	17,044,923	16,401,701	93.16	91.36
Ins. 100.3.1	47,448,990	50,334,822	50,446,351	94.67	94.43
Ins. 100.3.2	14,866,350	15,024,844	15,427,840	99.86	98.08
Ins. 100.3.3	19,234,230	21,155,133	21,396,382	91.48	90.75
Ins. 100.4.1	47,786,900	50,046,386	50,101,566	95.67	95.76
Ins. 100.4.2	19,194,060	15,334,723	15,172,632	126.48	127.86
Ins. 100.4.3	18,759,300	20,821,599	20,958,972	90.50	90.62
Ins. 100.5.1	54,959,840	56,079,923	56,195,814	98.21	98.21
Ins. 100.5.2	19,216,460	21,554,083	21,555,799	89.15	89.14
Ins. 100.5.3	19,107,460	16,775,631	17,720,227	113.90	107.82

ภาคผนวก ค

การประเมินประสิทธิภาพของโมติฟายด์วิธีการพัฒนาการใช้ผลต่าง

การประเมินประสิทธิภาพของการโมติฟายด์วิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่างทั้ง 2 วิธีที่ใช้ถอดรหัส โดยเปรียบเทียบกับผลลัพธ์คำตอบจากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์

$$MDE - EF (\%) = \frac{R - LINGO}{R - MDET} \times 100$$

กำหนดให้

$MDE - EF$ = ประสิทธิภาพของการโมติฟายด์วิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (%)

$R - LINGO$ = ต้นทุนรวมของตัวอย่างการทดลองที่ได้จากตัวแบบทาง
คณิตศาสตร์ (บาท)

$R - MDET$ = ต้นทุนรวมค่าเฉลี่ยคำตอบของตัวอย่างการทดลองที่ได้จากการ
โมติฟายด์วิธีการพัฒนาการโดยใช้ผลต่างของแต่ละวิธีการถอดรหัส

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี MDE1 และ MDE2

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	MDE1	MDE2	MDE1	MDE2
Ins. 5.1.1	17,563,210	17,563,210	17,563,210	100.00	100.00
Ins. 5.1.2	6,180,076	6,180,076	6,180,076	100.00	100.00
Ins. 5.1.3	6,215,495	6,215,495	6,215,495	100.00	100.00
Ins. 5.2.1	17,756,540	17,756,540	17,756,540	100.00	100.00
Ins. 5.2.2	11,780,130	11,802,620	11,802,619	99.81	99.81
Ins. 5.2.3	11,780,010	11,806,846	11,806,846	99.77	99.77
Ins. 5.3.1	17,481,870	17,481,870	17,481,870	100.00	100.00
Ins. 5.3.2	11,686,020	11,686,020	11,686,020	100.00	100.00
Ins. 5.3.3	11,686,020	11,686,020	11,686,020	100.00	100.00
Ins. 5.4.1	17,419,180	17,424,440	17,424,440	99.97	99.97
Ins. 5.4.2	5,892,762	5,892,762	5,892,762	100.00	100.00
Ins. 5.4.3	5,892,012	5,892,012	5,892,012	100.00	100.00
Ins. 5.5.1	23,137,570	23,139,310	23,139,310	99.99	99.99
Ins. 5.5.2	11,572,710	11,593,644	11,593,644	99.82	99.82
Ins. 5.5.3	11,558,210	11,592,566	11,592,566	99.70	99.70

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี MDE1 และ MDE2 (ต่อ)

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	MDE1	MDE2	MDE1	MDE2
Ins. 10.1.1	23,165,420	23,179,272	23,203,691	99.94	99.84
Ins. 10.1.2	11,830,830	11,842,173	11,842,172	99.90	99.90
Ins. 10.1.3	6,614,473	6,614,473	6,614,473	100.00	100.00
Ins. 10.2.1	23,223,900	23,223,900	23,259,240	100.00	99.85
Ins. 10.2.2	6,331,655	6,331,655	6,331,655	100.00	100.00
Ins. 10.2.3	6,299,044	6,299,044	6,299,044	100.00	100.00
Ins. 10.3.1	23,223,900	23,223,900	23,223,900	100.00	100.00
Ins. 10.3.2	6,301,195	6,301,195	6,301,195	100.00	100.00
Ins. 10.3.3	6,301,195	6,301,195	6,301,195	100.00	100.00
Ins. 10.4.1	23,121,100	23,141,970	23,147,360	99.91	99.89
Ins. 10.4.2	6,219,999	6,219,999	6,219,999	100.00	100.00
Ins. 10.4.3	6,235,988	6,235,988	6,235,988	100.00	100.00
Ins. 10.5.1	23,077,430	23,097,574	23,097,574	99.91	99.91
Ins. 10.5.2	11,636,140	11,639,002	11,665,966	99.98	99.74
Ins. 10.5.3	11,629,100	11,629,100	11,635,934	100.00	99.94
Ins. 20.1.1	34,702,830	35,050,270	35,075,945	99.01	98.94
Ins. 20.1.2	7,237,587	7,237,587	7,237,587	100.00	100.00
Ins. 20.1.3	7,104,714	7,104,714	7,104,714	100.00	100.00
Ins. 20.2.1	34,803,430	35,058,667	35,132,368	99.27	99.06
Ins. 20.2.2	11,993,320	12,011,787	12,025,597	99.85	99.73
Ins. 20.2.3	6,734,272	6,734,272	6,734,272	100.00	100.00
Ins. 20.3.1	34,734,070	35,018,447	35,022,979	99.19	99.18
Ins. 20.3.2	6,893,525	6,893,525	6,893,525	100.00	100.00
Ins. 20.3.3	7,163,715	7,163,715	7,163,715	100.00	100.00

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี MDE1 และ MDE2 (ต่อ)

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	MDE1	MDE2	MDE1	MDE2
Ins. 20.4.1	23,229,770	29,161,451	29,155,333	79.66	79.68
Ins. 20.4.2	6,577,674	6,577,674	6,577,674	100.00	100.00
Ins. 20.4.3	6,540,678	6,540,678	6,540,678	100.00	100.00
Ins. 20.5.1	34,678,380	35,016,791	34,956,812	99.03	99.20
Ins. 20.5.2	6,848,688	6,848,688	6,848,688	100.00	100.00
Ins. 20.5.3	6,915,685	6,915,685	6,915,685	100.00	100.00
Ins. 50.1.1	23,672,990	30,348,041	30,322,346	78.01	78.07
Ins. 50.1.2	7,922,536	7,922,536	7,929,661	100.00	99.91
Ins. 50.1.3	8,103,295	8,103,295	8,118,770	100.00	99.81
Ins. 50.2.1	35,007,000	36,120,359	36,176,581	96.92	96.77
Ins. 50.2.2	7,914,427	7,914,427	7,917,214	100.00	99.96
Ins. 50.2.3	8,644,441	8,644,441	8,678,737	100.00	99.60
Ins. 50.3.1	23,617,440	30,271,213	30,367,878	78.02	77.77
Ins. 50.3.2	8,535,327	8,535,327	8,548,933	100.00	99.84
Ins. 50.3.3	7,857,692	7,857,692	7,863,546	100.00	99.93
Ins. 50.4.1	23,669,640	30,404,438	30,421,700	77.85	77.81
Ins. 50.4.2	8,071,746	8,071,746	8,079,351	100.00	99.91
Ins. 50.4.3	8,046,561	8,046,561	8,067,598	100.00	99.74
Ins. 50.5.1	29,299,820	30,482,976	30,531,624	96.12	95.97
Ins. 50.5.2	7,920,928	7,920,928	7,943,338	100.00	99.72
Ins. 50.5.3	8,208,933	8,208,933	8,211,438	100.00	99.97
Ins. 100.1.1	48,952,380	50,329,464	50,308,634	97.26	97.30
Ins. 100.1.2	19,736,330	15,790,966	15,682,664.0	124.98	125.85
Ins. 100.1.3	26,240,320	15,425,313	15,382,166	170.11	170.59

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์คำตอบของต้นทุนรวมค่าเฉลี่ย
คำตอบในแต่ละตัวอย่างการทดลองของวิธี MDE1 และ MDE2 (ต่อ)

instance	ผลลัพธ์คำตอบ			ประสิทธิภาพคำตอบ	
	LINGO	MDE1	MDE2	MDE1	MDE2
Ins. 100.2.1	54,442,200	55,799,227	55,861,986	97.57	97.46
Ins. 100.2.2	14,178,920	14,859,429	14,824,467	95.42	95.65
Ins. 100.2.3	14,759,630	15,775,871	15,823,055	93.56	93.28
Ins. 100.3.1	47,448,990	50,113,595	50,206,987	94.68	94.51
Ins. 100.3.2	14,866,350	14,908,333	15,281,041	99.72	97.29
Ins. 100.3.3	19,234,230	21,037,886	21,134,414	91.43	91.01
Ins. 100.4.1	47,786,900	49,856,578	49,908,841	95.85	95.75
Ins. 100.4.2	19,194,060	14,998,207	14,965,658	127.98	128.25
Ins. 100.4.3	18,759,300	20,575,995	20,639,892	91.17	90.89
Ins. 100.5.1	54,959,840	55,856,075	56,224,319	98.40	97.75
Ins. 100.5.2	19,216,460	21,356,474	21,255,305	89.98	90.41
Ins. 100.5.3	19,107,460	15,923,592	16,326,307	119.99	117.03

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายไชยา โฉมเฉลา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2538 – 2539 สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง วิชาเอกเชื่อมและประสาน พ.ศ. 2546 - 2549 สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549 – 2553 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2540 – 2543 รับราชการครู วิทยาลัยเทคนิคเลย พ.ศ. 2543 – 2548 รับราชการครู วิทยาลัยเทคนิคนครพนม พ.ศ. 2548 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาโลหะการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม
ตำแหน่งงาน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาโลหะการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยนครพนม 214 หมู่ 2 ถนนนิตโย ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000