การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้น ในโซ่อุปทาน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจ จังหวัดชายแดนภาคใต้

ปรุพห์ มะยะเฉี่ยว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

SOLVING A MULTI – STAGES MULTI OBJECTIVES LOCATION PROBLEM IN SUPPLY CHAIN: A CASE STUDY IN OIL PALM INDUSTRY IN SPECIFIC DEVELOPED AREA IN DEEP SOUTH OF THAILAND

PAROON MAYACHEARW

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACUTY OF ENGINEERING

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2012

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

ผู้วิจัย นายปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์)

.... กรรมการ

(ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล)

.... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ ขจิตวิชยานุกูล)

.... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นท แสงเทียน)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีโดยเฉพาะจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส ผู้ซึ่งเป็นมากกว่าอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แต่ยังเป็นผู้คอยกระตุ้นเตือนและให้กำลังใจในยามผู้วิจัยสับสนและท้อแท้ในทุกเรื่อง เป็นอย่างดีมาตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์ ที่ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้สึกอดทนต่อสู้ในการศึกษาในระดับปริญญาเอก และ ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล ที่ช่วยกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำ ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และให้โอกาสเข้ารับการศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษา เจ้าหน้าที่สำนักคอมพิวเตอร์และเครือข่าย และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของคณะวิศวกรรมศาสตร์และเพื่อนๆ พี่ น้องระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีขณะทำวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วรทัศร์ ขจิตวิชยานุกูล แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ผู้ซึ่งคอยสนับสนุน แนะนำ แนวคิด และส่งเสริมให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ตลอดจนให้กำลังใจในการทำวิจัยและการทำงานในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ทั้งยังได้ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการในการออกข้อสอบประมวลความรอบรู้ กรรมการสอบเค้าโครง และเป็นกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาผู้สนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาเอกภายใต้โครงการพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงรัก พลาศัย อธิการบดีมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ทุกท่านที่ให้โอกาสผู้วิจัยมาศึกษาในระดับปริญญาเอก ในภาวะที่มหาวิทยาลัยฯกำลังขาดแคลนบุคลากรเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ดร.อรัญญา เชาวลิต ที่ค่อยให้คำแนะนำในการตัดสินใจศึกษาต่อ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรรษชน สีหบุตร ที่ค่อยชี้แนะแนวทางในการเรียนและความเป็นอยู่ที่ผู้วิจัยมาศึกษาต่อในภาคอีสาน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว น้องชาย และเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจในการศึกษามาตลอด ทั้งยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่านซึ่งไม่อาจกล่าวนามของท่านในที่นี้ได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว)

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
1.6 แผนการดำเนินการ	5
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การผลิตปาล์มน้ำมัน	6
2.2 สถานการณ์ความไม่สงบจังหวัดชายแดนภาคใต้	10
2.3 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการเลือกทำเลที่ตั้ง	13
2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดเส้นทางยานพาหนะ	17
2.5 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับโลจิสติสแบบหลายวัตถุประสงค์	24
2.6 การหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม	26
2.7 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 33

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย 33

3.3 การพัฒนาฮิวริสติก 36

3.4 การสรุปและจัดทำรูปเล่ม 42

3.5 บทสรุป 42

4 กรณีศึกษาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาตำแหน่งของลานเทปาล์มน้ำมันกรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

4.1 กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ 43

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ 45

4.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ 50

4.4 ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 54

5 วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE)

5.1 วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย 57

5.2 กระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้นของวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) 61

5.3 กระบวนการ Mutation 65

5.4 กระบวนการ Crossover หรือ Recombination 66

5.5 กระบวนการ Selection 68

5.6 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.7 ผลการทดลองจากวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) กับปัญหาตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ 75

6 วิธีการหาคำตอบโดยประยุกต์ใช้วิธี Modified Differential Evolution (MODDE)

6.1 วิธีการสร้างโครโมโซมต้นแบบ 92

6.2 กระบวนการปรับค่า POP – OPEN โดยประยุกต์ใช้วิธี Evolutionary algorithm 93

6.3 การมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมัน 100

6.4 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างวิธี Modified Differential Evolution (MODDE) และวิธี Differential Evolution (DE) 102

6.5 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการ Modified Differential Evolution (MODDE) 106

6.6 ผลการทดลองจากวิธีการ Modified Differential Evolution (MODDE) กับตัวอย่างปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ 112

7 กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

7.1 การประมวลผลจากการศึกษาโดยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) และวิธีการ วิธีการ Modified Differential Evolution (MODDE) 132

8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย 138

8.2 ข้อเสนอแนะ 143

เอกสารอ้างอิง **145**

ประวัติผู้วิจัย **154**

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่		หน้า
1.1	มูลค่าการนำเข้าพลังงาน	1
1.2	การใช้พลังงานของประเทศ	2
2.1	การส่งออกน้ำมันปาล์มดิบ	7
2.2	เปรียบเทียบข้อมูลสถานการณ์ปาล์มน้ำมัน	7
2.3	การประยุกต์ใช้ Multi – objective	26
2.4	สรุปภาพรวมงานวิจัยที่ใช้วิธีทางตรงและฮิวริสติกในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางยานพาหนะ	32
3.1	การสร้างเวกเตอร์ในการเลือกเปิดลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	38
3.2	การประยุกต์ใช้ การวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหางานวิศวกรรม	41
4.1	ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้จากแหล่งปลูก	44
4.2	ตำแหน่งพิกัด X, Y แหล่งปลูกปาล์มน้ำมัน	47
4.3	ตำแหน่งระยะทางจากลานเทปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	47
4.4	การหาระยะทางการขนส่งระหว่างแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน	48
4.5	จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อพื้นที่จากแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิด	49
4.6	ความน่าจะเป็นที่เกิดระเบิดระหว่างแหล่งเพาะปลูกไปยังลานเทปาล์มที่เปิด	49
4.7	ผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ	55
5.1	การสร้างโครโมโซมในการเลือกเปิดลานเทปาล์มน้ำมัน	61
5.2	การส่งในรูปแบบของ (DE)	62
5.3	ค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	70
5.4	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง	70
5.5	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบโดยวิธีการวิวัฒนาการส่วนต่าง Differential Evolution (DE)	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.6 สรุปขนาดของปัญหาที่ใช้ในการหาคำตอบด้วยวิธีวิวัฒนาการส่วนต่าง Differential Evolution (DE) 75
5.7 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 1) 76
5.8 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 2) 77
5.9 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 1) 78
5.10 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 2) 79
5.11 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 1) 80
5.12 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 2) 81
5.13 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 1) 82
5.14 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 2) 83
5.15 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 1) 84
5.16 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 2) 85
5.17 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 1) 86
5.18 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 2) 87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.19	สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่	88
6.1	โครโมโซมต้นแบบ	92
6.2	การเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงเป็นโครโมโซมไบนารี	92
6.3	ตัวเลขสุ่มของ 20 โครโมโซมที่ใช้ค่า POP – OPEN แตกต่างกัน	97
6.4	Binary value of real number จากตารางที่ 6.3 ที่กำหนดไว้ใน POP – OPEN	98
6.5	การจัดส่งแบบวิธีการ Modified Differential Evolution (MODDE)	101
6.6	ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ POP – OPEN แบบวิธีการ (MODDE)	103
6.7	ค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	107
6.8	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง	107
6.9	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบ โดยวิธี Modified Differential Evolution (MODDE) แบบ Min	110
6.10	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบ โดยวิธี Modified Differential Evolution (MODDE) แบบ Average	111
6.11	สรุปขนาดของปัญหาที่ใช้ในการหาคำตอบด้วยวิธี Modified Differential Evolution (MODDE)	112
6.12	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 1)	113
6.13	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 2)	114
6.14	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 1)	115
6.15	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 2)	116
6.16	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 1)	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.17	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 2)	118
6.18	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 1)	119
6.19	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 2)	120
6.20	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 1)	121
6.21	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 2)	122
6.22	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 1)	123
6.23	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 2)	124
6.24	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 150 (ชุดที่ 1)	125
6.25	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 200 (ชุดที่ 1)	126
6.26	สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง	127
6.27	สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาขนาดใหญ่	128
6.28	สรุปผลของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบในวิธีการต่างๆ	129
7.1	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาจริงจากกรณีศึกษา วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)	132
7.2	ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาจริงจากกรณีศึกษา วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)	134
7.3	สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาจากกรณีศึกษา	135

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	รูปแบบการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มที่เปิดและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	4
2.1	กระบวนการในการผลิตปาล์มน้ำมัน	9
2.2	การเปรียบเทียบจำนวนความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดปัตตานี สงขลา นราธิวาส	12
2.3	แผนภูมิแสดงจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบมนพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส สงขลา	12
2.4	แผนภูมิแสดงจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ จำแนกตามศาสนา	13
2.5	ลักษณะเส้นทางการขนส่งของปัญหา P-median	23
3.1	ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	34
3.2	รูปแบบกระบวนการในการพัฒนาฮิวริสติกในงานวิจัย	36
3.3	รูปแบบกระบวนการในการพัฒนาฮัวริสติกโดยใช้การหาคำตอบเฉพาะแบบกระบวนการ Differential evolution (DE)	40
4.1	ตำแหน่งของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	45
4.2	การใช้โปรแกรม Google Earth ในการหาตำแหน่งระยะพิกัด X, Y	46
4.3	ตำแหน่งละติจูด ลองติจูด ในการหาตำแหน่งระยะพิกัด X, Y โดยใช้โปรแกรม Google Earth	46
5.1	อัลกอริทึมการค้นหาคำตอบของวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)	58
5.2	กระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้น	60
5.3	การส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มที่เปิด	62
5.4	การจัดส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มที่เปิดแบบ Differential evolution (DE)	63
5.5	การจัดส่งปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม	64
5.6	ผลของกระบวนการ Mutation process ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 5.1	65
5.7	ผลของกระบวนการ Recombination process	67
5.8	กระบวนการ Selection process	69
5.9	ผลการทดลองด้วย Full factorial Design	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.10	ค่า Main Effects Polo ที่ได้จากการทดลอง	74
5.11	การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดเล็ก	89
5.12	การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดกลาง	90
5.13	การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดใหญ่	90
6.1	การค้นหา Mutant Vector ของฟังก์ชั่น 2 ตัวแปร	94
6.2	การ Crossover ของ Target Vector และ Mutant Vector ที่มีค่า D = 7	95
6.3	รหัสเทียมของวิธี วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)	101
6.4	ผลการทดลองด้วย Full factorial Design	104
6.5	ค่า Main Effects Polo ที่ได้จากการทดลอง	105
6.6	ผลการทดลองด้วย Full factorial Design การปรับ POP OPEN เองอย่างอัตโนมัติ	105
6.7	ค่า Main Effects Polo ที่ได้จากการปรับ POP OPEN เองอย่างอัตโนมัติ	106
6.8	ผลการทดลองด้วย Full factorial Design จากการทดลองพารามิเตอร์ F และ Cr แบบ Min	108
6.9	ค่า Main Effects Polo ที่ได้จากการทดลอง	109
6.10	ผลการทดลองด้วย Full factorial Design แบบค่า Average	110
6.11	ค่า Main Effects Polo ที่ได้จากการทดลอง	111
6.12	การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดเล็ก	130
6.13	การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดกลาง	130
6.14	การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดใหญ่	131
7.1	ตำแหน่งลานเทปาล์มที่เหมาะสมที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันและพื้นที่ที่เหมาะสมถ้าให้ความสำคัญในสมการเป้าหมายของแต่ละด้านมากสุด	136
8.1	การเปรียบเทียบเวลาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)	140
8.2	การเปรียบเทียบเวลาด้วยวิธี Modified Differential evolution (MODDE)	142

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

โดย : ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว

ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

ศัพท์สำคัญ : ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง ปัญหาตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ ดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชั่น

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน โดยมีผู้ส่งสินค้าอยู่จำนวนหนึ่งจะส่งไปยังตำแหน่งที่จะเปิดเป็นจุดรองรับสินค้าแล้วส่งต่อไปยังลูกค้าของอีกระดับหนึ่ง ซึ่งอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์ 3 ด้าน คือ ด้านเศรษฐศาสตร์ พิจารณาถึงค่าใช้จ่ายต่ำสุด ด้านสิ่งแวดล้อม พิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในการขนส่ง และด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่ง ดังนั้นจึงเป็นปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้น โดยที่ได้พัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์แล้วแก้ปัญหาด้วยตัวอย่างปัญหากับโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO รุ่น 11 สามารถแก้ปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางได้ส่วนปัญหาขนาดใหญ่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้จึงได้มีการออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหาสองแบบคือ วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง (Differential evolution (DE)) ได้ออกแบบการมอบหมายงานและการทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ F, Cr, POP–Open ที่เหมาะสม ส่วนการปรับวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง (Modified Differential evolution (MODDE)) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการมอบหมายงานแบบใหม่โดยการใช้วิธีการวงกลมรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) ในการมอบหมายงานซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยลงและการประยุกต์ใช้วิธีการอัลกอริทึมแบบวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm) ในการปรับค่า POP – Open อย่างอัตโนมัติซึ่งจะทำให้ได้ค่า POP – Open ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่างแต่ละปัญหา

จากผลทดลองพบว่าวิธีการ (MODDE) ได้คุณภาพของคำตอบที่ดีกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง (DE) ซึ่งสามารถพบคำตอบที่เหมาะสม (Optimum Solution) โดยเฉลี่ยเป็นร้อยละ 73.73 กับปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางและเมื่อหาคำตอบที่ปัญหาขนาดใหญ่ก็สามารถพบคำตอบที่ดีที่สุด (Best Solution) ได้ในทุกกรณี เมื่อมาพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง (DE) ใช้เวลาสั้นกว่า โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO รุ่น 11 ถึงร้อยละ 87.32 และเมื่อเทียบวิธี (MODDE) แบบค่าต่ำสุด (Min) และแบบค่าเฉลี่ย (Arerage) จะใช้เวลาสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO รุ่น 11 ถึงร้อยละ 87.981 และร้อยละ 87.597 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระหว่างวิธีการ (MODDE) แบบค่าต่ำสุด และแบบค่าเฉลี่ย ใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง (DE) ถึงร้อยละ 13.726 และ ร้อยละ 11.983

ABSTRACT

TITLE	:	SOLVING A MULTI-STAGES MULTI-OBJECTIVES LOCATION PROBLEM IN SUPPLY CHAIN: A CASE STUDY IN OIL PALM INDUSTRY IN SPECIFIC DEVELOPED AREA IN DEEP SOUTH OF THAILAND
BY	:	PAROON MAYACHEARW
DEGREE	:	DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR	:	INDUSTRIAL ENGINEERING
CHAIR	:	ASSOC.PROF.RAPEEPAN PHITAKHASO, Ph.D.

KEYWORDS : SELECTIVE LOCATION PROBLEM / MULTI-OBJECTIVES DECISION PROBLEM / DIFFERENTIAL EVOLUTION

This research proposes an application of multi–stages multi–objectives location in supply chain by using optimization algorithm. Merchandise will be delivered to the Location position which is to adjourn for next deliveries to other Location of each customer. Three objectives include economic considering lowest cost, environmental considering effects of greenhouse gases emitted from transportation to the environment, safe from terrorism, and therefore is called multi–stages multi–objectives location problem. Mathematical model is developed and test with sample problems in LINGO version 11 which can only solve small and midsized problems. As a consequence, we design 2 algorithms to solve large problems which are Differential Evolution (DE) and Modified Differential evolution (MODDE). Differential Evolution (DE) designs work assignments and compares with eligible parameters included F, Cr, and POP–Open. While Modified Differential evolution (MODDE) applies the new work assignments by using Roulette Wheel Selection which will lead to less computational time, and Evolutionary algorithm to automatically adjust POP–Open which yields eligible POP–Open value for each problems.

From computational results, the authors find that (MODDE) yields more quality results than (DE) which Optimum Solution can be found at 73.73% for small and midsized

problems. For large problem, the best solution is found in every case. From average computational times, the authors find that (DE) requires shorter time than LINGO version 11 up to 87.32%. When the author compare computational time of (MODDE) of Min and Average to LINGO version 11, (MODDE) requires shorter time up to 87.981% and 87.597% respectively. When the authors compare (MODDE) of Min and Average to (DE), (MODDE) uses shorter time up to 13.726% and 11.983% respectively.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัญหาวิกฤติด้านพลังงานเป็นปัญหาสำคัญที่ทั่วโลกได้รับผลกระทบและมีแนวโน้มที่จะรุ่นแรงมากขึ้นเรื่อยๆ สำหรับประเทศไทยได้รับผลกระทบจากภาวะวิกฤติพลังงานซึ่งเนื่องจากจะต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานและน้ำมันเป็นหลักเพื่อใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงโดยเฉพาะกลุ่มภาคอุตสาหกรรมและการขนส่งที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกทั้งราคาน้ำมันยิ่งเพิ่มสูงมากตามราคาของตลาดโลก ด้วยเหตุนี้ทำให้ทางรัฐบาลได้มีนโยบายเพื่อหาทางออกโดยการหาพลังงานทดแทนจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น เอทานอลและไบโอดีเซล เป็นต้นเพื่อลดการนำเข้าพลังงาน

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการนำเข้าพลังงาน (หน่วย : ล้านบาท)
(สำนักนโยบายพลังงานและแผนพลังงาน, 2550)

ชนิด	2547	2548	2549	2550	2551*	อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		
						2549	2550	2551*
น้ำมันดิบ	486,627	644,933	753,785	715,789	1,070,472	16.9	-5.0	49.6
น้ำมันสำเร็จรูป	41,533	55,680	60,253	48,317	35,259	8.2	-19.8	-27.0
ก๊าซธรรมชาติ	46,053	62,827	77,843	78,901	92,292	23.9	1.4	17.0
ถ่านหิน	12,275	15,422	18,896	29,656	37,229	22.5	56.9	25.5
ไฟฟ้า	5,659	7,114	8,294	7,414	4,062	16.6	-10.6	-45.2
รวม	592,148	785,976	919,068	880,078	1,239,314	16.9	-4.2	40.8

ตารางที่ 1.2 การใช้พลังงานของประเทศ (หน่วยเทียบกับพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน) (สำนักนโยบายพลังงานและแผนพลังงาน, 2550)

ลักษณะพลังงานที่ใช้	2547	2548	2549	2550	2551*
รวมการใช้ทั้งหมด	1,450	1,520	1,548	1,606	1,639
น้ำมัน	687	689	673	667	631
ก๊าซธรรมชาติ	518	566	579	615	662
ถ่านหิน	94	107	143	182	206
ลิกไนต์	119	125	108	100	102
พลังงานน้ำ / ไฟฟ้านำเข้า	32	33	44	43	37
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)					
รวมอัตราการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด	7.7	4.8	1.8	3.8	2.0
น้ำมัน	10.1	0.4	- 2.3	- 1.0	- 5.4
ก๊าซธรรมชาติ	4.4	9.2	2.3	6.2	7.7
ถ่านหิน	5.9	13.8	33.6	26.9	13.7
ลิกไนต์	18.4	4.6	- 13.7	6.7	1.8
พลังงานน้ำ / ไฟฟ้านำเข้า	- 12.1	2.4	35.2	2.5	- 13.9

จากข้อมูลนโยบายที่ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มได้มีการผลักดันสู่เกษตรกรที่มีความสนใจและมุ่งสู่การพัฒนาพื้นทั้งใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ตามโครงการส่งเสริมการดำเนินธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดนราธิวาสโดยได้ผลักดันส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นพืชทดแทนพลังงานโดยรัฐบาลได้อนุมัติจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 แผนงบประมาณขจัดความยากจนและพัฒนาชนบท ผลผลิตสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรได้รับการจดทะเบียน จัดตั้ง และส่งเสริม ภายใต้กิจกรรมหลักส่งเสริมและพัฒนาองค์กร ให้กรมส่งเสริมสหกรณ์และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ให้จัดทำโครงการ พัฒนาอาชีพและเสริมสร้างรายได้แก่ประชาชนในพื้นที่โดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มจำนวน 85,000 ไร่ ในพื้นที่พรุและนาร้างซึ่งครอบคลุมพื้นที่ใน 77 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสเพื่อรองรับการก่อสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในเขตนิคมสหกรณ์บาเจาะ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองนราธิวาส ที่มีกำลังผลิตขนาด 45 ตันทะลายต่อชั่วโมง รวมมูลค่า 270 ล้านบาท (สรุปรายงานโครงการส่งเสริมการดำเนินธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดนราธิวาส และ โครงการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)

อย่างไรก็ตามการจัดตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ซึ่งจะมีส่วนในการช่วยให้ประชาชนมีรายได้ที่มั่นคงและการพัฒนาอาชีพให้แก่ประชาชนนั้นทางโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาในการเลือกเปิดลานเทเพื่อรองรับผลทลายปาล์มจากเกษตรกรที่ครอบคลุมพื้นที่ใน 77 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสโดยปัจจัยที่จำเป็นในการนำมาพิจารณานั้นมีมากมายหลายด้านไม่ใช่แค่ความคุ้มทุนของวัตถุดิบที่รับมาเพื่อส่งให้โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเท่านั้นแต่หากจะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น สถานที่ตั้งลานเทที่จะเปิดรองรับทลายปาล์มจากเกษตรกร ระยะทางการขนส่งจากเกษตรกรมายังลานเทที่จะเปิด ตลอดจนเส้นทางจากลานเทปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อผลิตเป็นน้ำมันปาล์มดิบส่งขายต่อไป นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญคือจะต้องมองถึงในเรื่องความเสี่ยงที่จะถูกก่อวินาศกรรมขณะขนส่งทลายปาล์มของเกษตรกรมายังลานเทปาล์มพร้อมทั้งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม กรณีศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และความเสี่ยงในการเกิดระเบิดขณะขนส่งผลปาล์มน้ำมันของเกษตรมายังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิด

1.2.2 เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการเลือกลานเทปาล์มน้ำมันของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม กรณีศึกษาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 วัตถุดิบที่ส่งไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มมีเพียงชนิดเดียว คือ ผลปาล์มน้ำมัน

1.3.2 จำนวนลานเทปาล์มน้ำมันที่ถูกเปิดจะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และความเสี่ยงในการเกิดระเบิดบนเส้นทางการขนส่งผลปาล์มน้ำมันของเกษตรกรมายังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและจากลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดมายังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

1.3.3 ปริมาณพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันครอบคลุมพื้นที่ใน 77 ตำบลของจังหวัดนราธิวาส

1.3.4 ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่บรรทุกรวมในเส้นทางต้องไม่เกินเงื่อนไขที่ควบคุมได้

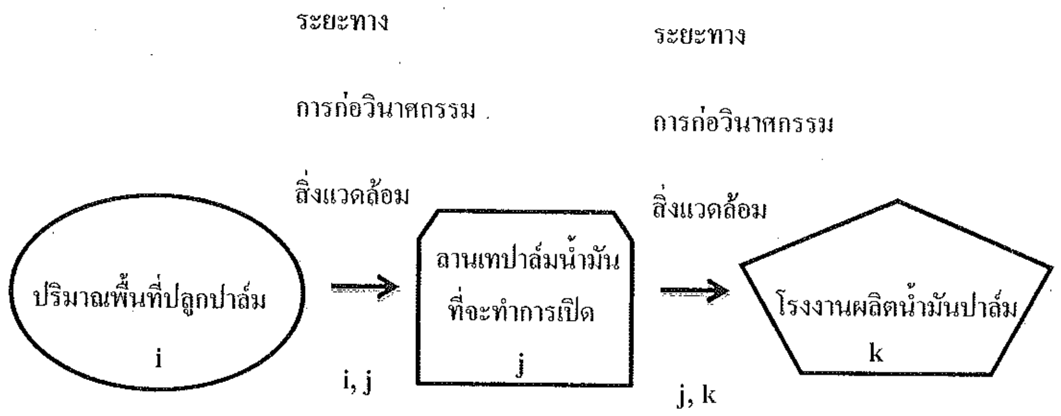
1.3.5 ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่ลานเทปาล์มน้ำมันสามารถรับได้มีจำนวนที่แน่นอน

1.3.6 ในการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันจากเกษตรกรมายังลานเทปาล์มน้ำมัน และขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม จะไม่มีเงื่อนไขของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง

1.3.7 ความต้องการทะลายปาล์มน้ำมันของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มมีจำนวนที่ แน่นอน

1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ในการศึกษาและวิจัยผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการเลือกที่ตั้งตามจุดพิจารณาต่างๆ ในขอบเขตการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ดังนี้



ภาพที่ 1.1 รูปแบบการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 ได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

1.5.2 ช่วยก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และสามารถนำวิธีการแก้ไขปัญหาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงของหน่วยงานหรือผู้สนใจ

1.5.3 เป็นประโยชน์ต่อโครงการส่งเสริมธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มตามยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาความไม่สงบในพื้นที่พัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้และกรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

1.6 แผนการดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา								
	2551	2552		2553		2554		2555	
		1/2552	2/2552	1/2553	2/2553	1/2554	2/2554	1/2555	2/2555
1.ทบทวนวรรณกรรมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	→	→							
2.ศึกษาและพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้น			→	→					
3.ศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้น					→	→			
4.ทดสอบอัลกอริทึมที่ออกแบบไว้กับปัญหาจริง						→	→		
5.เปรียบเทียบสมรรถนะของอัลกอริทึมและสรุปผล							→	→	
6. จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์								→	→

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตปาล์มน้ำมัน

2.1.1 แนวพระราชดำริโครงการศึกษาไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

ตามแนวโครงการพระราชดำริน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงห่วงใยความเดือดร้อนทุกข์ยากของประชาชนชาวไทย ทรงคิดพิจารณาหนทางบำบัดทุกข์บำรุงสุขอยู่ตลอดเวลา ด้วยสายพระเนตรอันยาวไกล ทรงเล็งเห็นถึงความสำคัญของแหล่งพลังงานทดแทน ที่จะสามารถนำมาใช้งานภายในประเทศ หากเกิดวิกฤตการณ์ ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคตและในภาวะปัจจุบันก็ได้เกิดขึ้นกับสถานการณ์พลังงานของโลกซึ่งประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน การนำเอาน้ำมันที่สกัดจากพืชมาเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ก็เป็นโครงการในพระราชดำริอีกโครงการหนึ่ง โดยทรงให้ทดลอง นำน้ำมันปาล์มที่ได้จากปาล์มน้ำมันผ่านกระบวนการสกัดและนำมาทดลองใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยทดลองศึกษา ณ ศูนย์การศึกษาและพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องจากพระราชดำริ จังหวัดนราธิวาสโดยได้รับผลประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ (ไบโอดีเซล น้ำมันพืช พลังงานทางเลือก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550 : 15)

2.1.2 สถานการณ์น้ำมันพืชและพืชน้ำมันสำคัญของโลก

น้ำมันพืชจัดเป็นน้ำมันที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของมนุษย์ทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงหรือแปรรูปเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมต่อเนื่องเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลากหลายชนิด จากข้อมูลการผลิตน้ำมันพืชของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 อาจจะกล่าวได้ว่าน้ำมันพืชที่สำคัญของโลกในปัจจุบันมีจำนวนเพียง 5 ชนิด คือน้ำมันจากถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน เรพซีด ทานตะวัน และถั่งลิสง ซึ่งจะเห็นได้ว่าปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีปริมาณที่นำไปใช้สูงอยู่และในภาวะปัจจุบันก็มีแนวโน้มมากขึ้นดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และ 5 (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548 : 5)

ตารางที่ 2.1 การส่งออกน้ำมันปาล์มดิบ (กระทรวงพาณิชย์, 2550)

เดือน	ปี 2549		ปี 2550	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (เหรียญสหรัฐ)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (เหรียญสหรัฐ)
มกราคม	3,180	1,933,973	14,673	8,417,823
กุมภาพันธ์	5,301	2,447,737	34,355	17,210,403
มีนาคม	2,260	1,318,805	36,420	28,243,868
เมษายน	8,095	3,314,748	32,900	19,212,803
พฤษภาคม	8,776	4,381,572	10,787	7,683,449
มิถุนายน	3,953	1,657,083	8,041	5,877,537
กรกฎาคม	16,853	6,719,033	4,811	4,196,971
สิงหาคม	14,591	6,051,066	33,700	24,450,440
กันยายน	33,484	13,875,708	31,289	22,237,832
ตุลาคม	33,750	13,797,362	43,177	32,810,674
พฤศจิกายน	50,825	21,344,287	28,619	23,293,621
ธันวาคม	24,026	10,416,105	ยังไม่มีตัวเลข	ยังไม่มีตัวเลข
รวม	205,099	87,457,478	278,777	193,438,421

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อมูลสถานการณ์ปาล์มน้ำมันปี 2550/2549 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550)

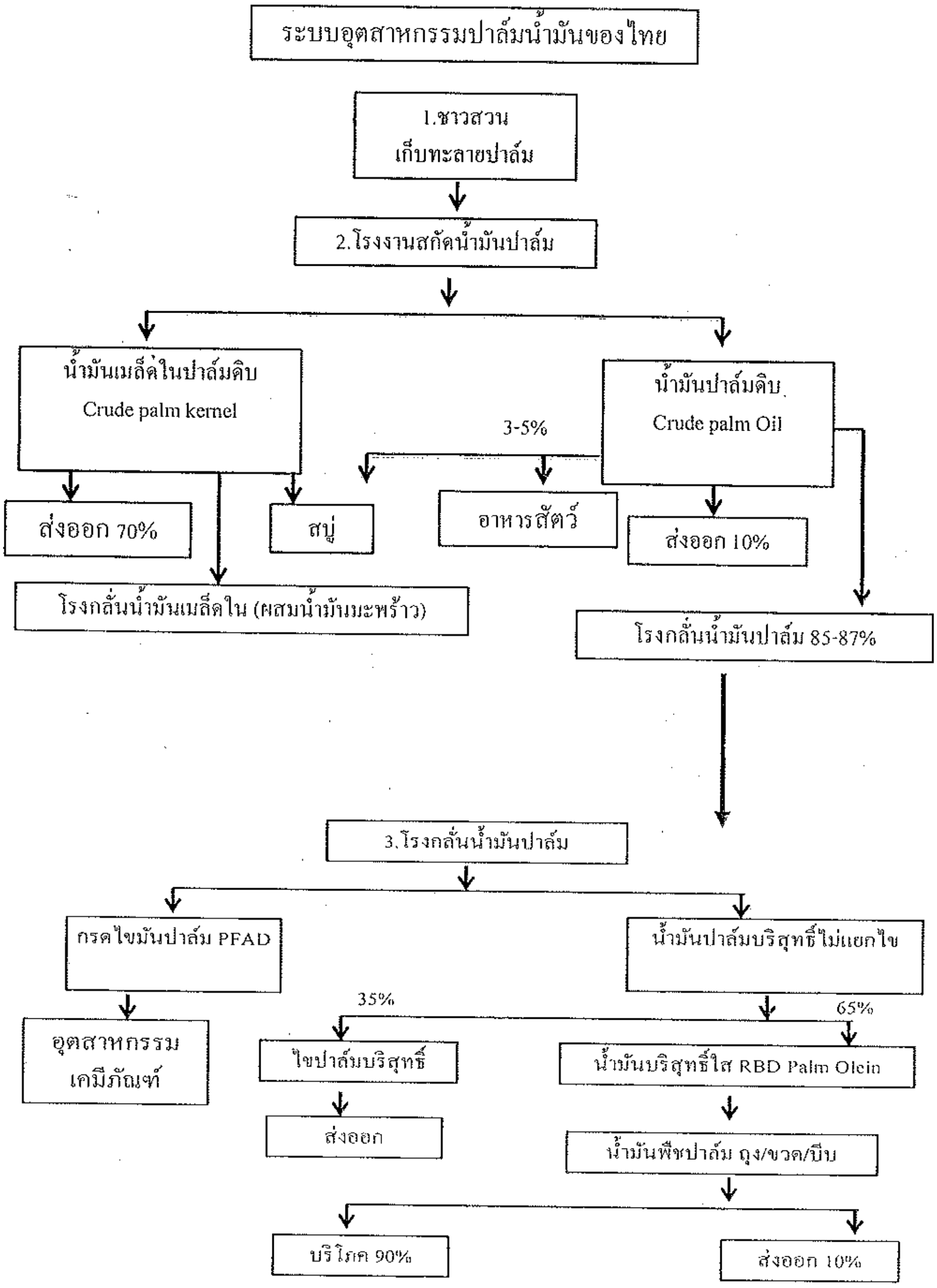
รายการ	ปี 2549	2550	% อัตราการเปลี่ยนแปลง 49/50	คาดการณ์ปี 2551
ปริมาณผลผลิตน้ำมัน (ล้านตัน)		6.61	-	8.35
ปริมาณความต้องการใช้	รวม 957,372	บริโภค 859,363 ไบโอดีเซล 100,000	-	บริโภค 920,000 ไบโอดีเซล 370,000
ปริมาณการส่งออก 11 เดือนแรก	132,263	213,979	+61.78	
ราคาส่งออก (เหรียญสหรัฐ/ตัน)	564	851	+50.89	
ราคาน้ำมันปาล์มดิบกทม. (เหรียญสหรัฐ/ตัน)	596	841	+41.11	

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อมูลสถานการณ์ปาล์มน้ำมันปี 2550/2549 (ต่อ)

รายการ	ปี 2549	2550	% อัตราการเปลี่ยนแปลง 49/50	คาดการณ์ ปี 2551
ราคามาเลเซีย (เหรียญสหรัฐ/ตัน)	613	863	+40.78	
อัตราแลกเปลี่ยน	37.74	34.35	-8.98	
ต้นทุนรวมต่อไร่ (บาท)	4,328.64	4,545.53	+5.06	
ต้นทุนรวมต่อ ก.ก. (บาท)	1.63	1.83	+19.61	
ผลผลิตต่อไร่ (ก.ก.)	2,828	2,483	-12.20	

2.1.3 อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันทั้งระบบของไทย

ในระบบค้าปาล์มน้ำมัน – น้ำมันปาล์ม ปัจจุบันประกอบด้วย ผู้เกี่ยวข้องหลัก 3 ฝ่าย คือ ฝ่ายชาวสวนปาล์มน้ำมัน ฝ่ายโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบและฝ่ายโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยจะเน้นหนักในการแปรรูปเป็น “น้ำมันพืช ” ซึ่งทั้งระบบในการผลิตน้ำมันพืชนั้นมีปริมาณน้ำมันปาล์มในสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 66 ในปี 2550 และจะมีการเพิ่มมากขึ้นอีกเพราะในสภาวะปัจจุบันมีอีกฝ่ายหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องในระบบการค้า คือ โรงงานผลิตไบโอดีเซลเชิงพานิช ซึ่งเป็นผู้ผลิตรายใหม่ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นวัตถุดิบมากโดยส่วนมากจะมีการสร้างโรงงานผลิตในทางภาคใต้ เช่น นิคมสหกรณ์ชาวสวนปาล์มจังหวัดกระบี่ และโรงงานอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการในการผลิตน้ำมันปาล์ม (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548)

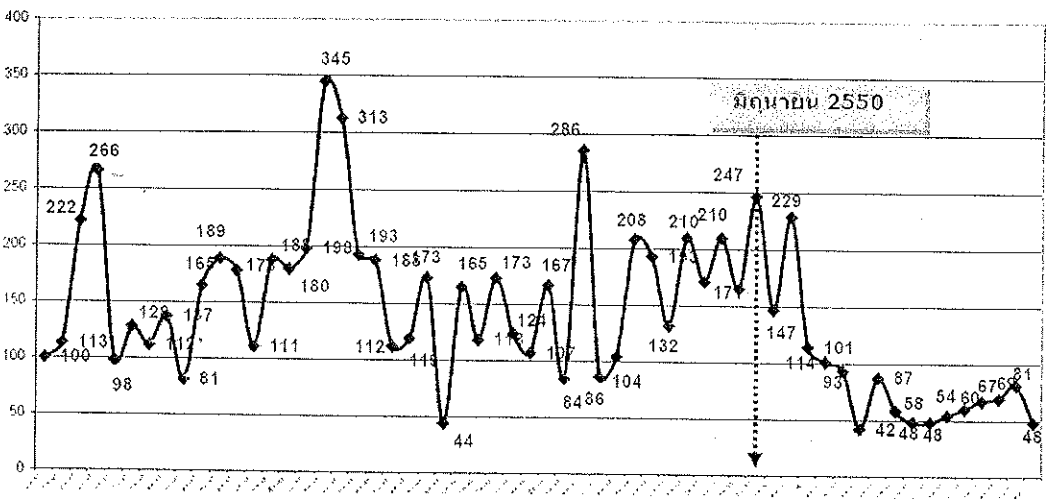
2.1.4 โครงการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันพืชทดแทนพลังงาน

จากนโยบายรัฐบาลที่ถูกกำหนดให้เป็นวาระแห่งชาติ โดยการจัดทำยุทธศาสตร์การส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมไบโอดีเซลเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ประกอบกับปัจจุบันราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกได้ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากสภาวะน้ำมันแพงที่เกิดขึ้นเนื่องจากเป็นประเทศที่นำเข้าน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปจากต่างประเทศ คิดเป็นมูลค่าปีละหลายแสนล้านบาท ทำให้สินค้าอุปโภคและบริโภคขยับราคาสูงขึ้น และทางกรมส่งเสริมสหกรณ์ และกรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้รับนโยบายในการกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มโดยการผลักดันสู่เกษตรกรที่มีความสนใจและมุ่งสู่การพัฒนาพื้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ตามโครงการส่งเสริมการดำเนินธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดนราธิวาสโดยได้กำหนดผลักดันส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นพืชพลังงานทดแทน โดยรัฐบาลได้อนุมัติจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 แผนงบประมาณขจัดความยากจนและพัฒนาชนบท ผลผลิตสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรได้รับการจดทะเบียน จัดตั้งและส่งเสริม ภายใต้กิจกรรมหลักส่งเสริมและพัฒนาองค์ ให้จัดทำโครงการ พัฒนาอาชีพและเสริมสร้างรายได้แก่ประชาชนในพื้นที่โดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มจำนวน 85,000 ไร่ ในพื้นที่พรุและนาร้างซึ่งครอบคลุมพื้นที่ใน 78 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสเพื่อรองรับการก่อสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในเขตนิคมสหกรณ์บาเจาะ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองนราธิวาส ที่มีกำลังผลิตขนาด 45 ตันทลายต่อชั่วโมงหรือประมาณวันละ 360 ตัน / วัน (8 ชั่วโมงทำงาน) รวมมูลค่า 270 ล้านบาท (สรุปรายงานโครงการส่งเสริมการดำเนินธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดนราธิวาส และโครงการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)

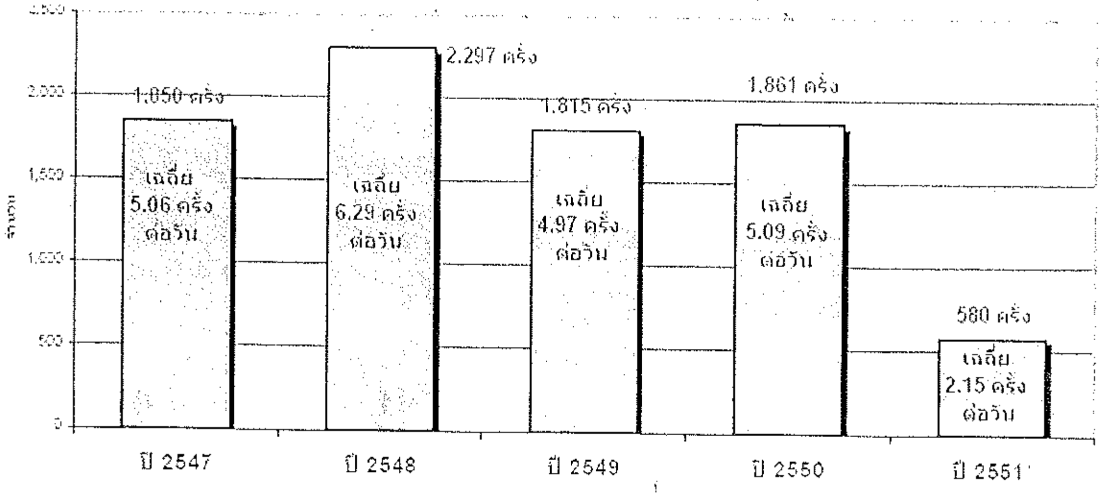
2.2 สถานการณ์ความไม่สงบจังหวัดชายแดนภาคใต้

จากรายงานสถานการณ์ความรุนแรงในจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม 2547 เป็นต้นมาจนถึงกลางเดือนตุลาคม 2551 เป็นเวลาประมาณ 58 เดือน ได้เกิดเหตุการณ์ความไม่สงบขึ้น 8,443 ครั้ง ผู้เสียชีวิต 3,214 ราย บาดเจ็บ 5,249 ราย รวมผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 8,463 ราย แม้ว่าสถานการณ์ความไม่สงบโดยภาพรวมจะลดลงในระดับหนึ่งในช่วงระยะหลังนับตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2550 ซึ่งเกิดจากมาตรการระดมกำลังทหารและฝ่ายความมั่นคงลงไปในพื้นที่จำนวนมากได้กว่า 50,000 คน แต่กล่าวได้ว่า “ความไม่มั่นคงละความไม่แน่นอน” ในสถานการณ์ภาคใต้ยังคงสภาพอยู่เหมือนเดิมเพราะความไม่จริงจังและไม่ชัดเจนในนโยบายและ

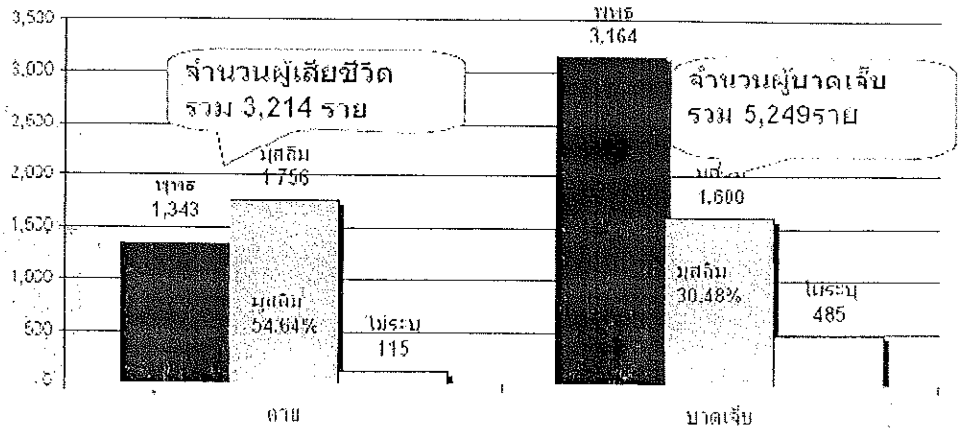
ยุทธศาสตร์การเมืองเพื่อการแก้ปัญหาความรุนแรงและขัดแย้งในพื้นที่ดังกล่าว ดังจะเห็นได้จากความรุนแรงในพื้นที่มีความค่อนข้างสูงขึ้นในระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2550 แต่ดูเหมือนจะลดลงบางระดับในปี พ.ศ. 2551 สามารถสังเกตได้จากภาพที่ 3, 4 และ 5 ที่แสดงถึงการเปรียบเทียบจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และสงขลา ในรอบ 58 เดือน (มกราคม 2547 – ตุลาคม 2551), แผนภูมิแสดงจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และสงขลา ในรอบ 58 เดือน (ระหว่างปี 2547 – 14 ตุลาคม 2551) จำนวน 8,403 เหตุการณ์ และแผนภูมิแสดงจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำแนกตามศาสนา (มกราคม 2547 – ตุลาคม 2551) มีผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บจากเหตุการณ์ความไม่สงบในรอบ 58 เดือน จำนวน 8,463 ราย (รายงานโครงการ สมัชชาสุขภาพการเยียวยาสังคมพหุวัฒนธรรมในชายแดนภาคใต้ปีที่ 2 สถาบันการจัดระบบสุขภาพภาคใต้) โดยทางรัฐบาลได้กำหนดนโยบายแห่งชาติเพื่อแก้ปัญหาวิกฤตความรุนแรงในจังหวัดชายแดนภาคใต้ ไว้ 5 ข้อด้วยกันดังนี้ (1) การปฏิรูปโครงสร้างการบริหารจัดการเฉพาะพื้นที่ (2) การปฏิรูประบบความยุติธรรม (3) การปฏิรูประบบการศึกษา (4) การปฏิรูประบบเศรษฐกิจ และ (5) การปฏิรูปสังคม ประเพณี วัฒนธรรม (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการเสริมสร้างสุขภาพ สถาบันวิจัยระบบสุขภาพภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550) ถึงอย่างไรก็ตามในนโยบายด้านการปฏิรูประบบเศรษฐกิจที่มีการปรับปรุงพื้นที่นาร้างในการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อที่จะรองรับโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในจังหวัดนราธิวาสโดยทางโรงงานจะต้องทำการเปิดลานเทปาล์มเพื่อเป็นจุดรองรับในการส่งทะลายปาล์มเข้าโรงงานก็จะต้องมีการพิจารณาถึงความเสี่ยงที่จะถูกก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่งทะลายปาล์มของเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มและจากลานเทปาล์มไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มอีกด้วย



ภาพที่ 2.2 การเปรียบเทียบจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และสงขลา ในรอบ 58 เดือน (มกราคม 2547 – ตุลาคม 2551) (สถาบันการจัดระบบสุขภาพภาคใต้, 2550)



ภาพที่ 2.3 แผนภูมิแสดงจำนวนเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และสงขลา ในรอบ 58 เดือน (ระหว่างปี 2547 – 14 ตุลาคม 2551) จำนวน 8,403 เหตุการณ์ (สถาบันการจัดระบบสุขภาพภาคใต้, 2550)



ภาพที่ 2.4 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำแนกตามศาสนา (มกราคม 2547 – ตุลาคม 2551) มีผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บจากเหตุการณ์ความไม่สงบในรอบ 58 เดือน จำนวน 8,463 ราย (สถาบันการจัดระบบสุขภาพภาคใต้, 2550)

2.3 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง (Facility Location Problem: FLP)

ปัญหาการเลือก ทำเลที่ตั้งหมายถึงการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อใช้ปลูกสร้าง อาคาร โรงงาน คลังสินค้า ไว้ในที่ใดที่หนึ่งที่ได้กำหนดไว้ โดยปัจจัยที่จะทำให้ต้องมีการวางแผนเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานก็มีอยู่หลายประการ อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับทรัพยากรการผลิต และปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

ปัจจัยทางด้านทรัพยากรการผลิตประกอบด้วย (1) วัตถุดิบ ประเภท ปริมาณ และ ราคาของวัตถุดิบ (2) ตลาดสินค้า จำนวนลูกค้า จำนวนคู่แข่งขัน (3) แรงงาน ปริมาณและค่าแรงของแรงงาน ช่างฝีมือแรงงานกรรมกร (4) ที่ดิน ปริมาณและราคา (5) การขนส่ง จำนวนและความสะดวกของเส้นทางการขนส่งทางบก น้ำ และ อากาศ (6) พลังงาน ปริมาณและราคาของไฟฟ้า ก๊าซ น้ำมันเชื้อเพลิงและอื่นๆ (7) สาธารณูปโภค ปริมาณและราคาของน้ำประปาโทรศัพท์ ไปรษณีย์ และอื่นๆ ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมประกอบด้วย (1) การยอมรับของชุมชน ความเชื่อและหลักศาสนาของคนในชุมชน (2) คุณภาพของชีวิตในชุมชน สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ (3) มาตรฐานค่าครองชีพ (4) ความปลอดภัยในชีวิตและครอบครัว (5) สภาพการรวมหัวทางธุรกิจและอุตสาหกรรม สภาพการร่วมมือช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

การพิจารณาชั่งน้ำหนักข้อมูลตัวเลขในขั้นต้นนี้จะเรียกว่าสำคัญก็ได้ เพราะยิ่งสะท้อนความเป็นจริงได้มากเท่าใดก็ยิ่งทำให้การวางแผนตัดสินใจด้านการคำนวณ ในขั้นตอนต่อไปมีความแม่นยำและสนองเจตนารมณ์ของผู้ลงทุนได้มากเท่านั้น รูปแบบในการคำนวณมีดังนี้คือ (1) หาค่า

มากที่สุดของคะแนนนิยม (ที่รวมเอาคุณสมบัติในด้านตลาด วัตถุดิบ ฯลฯ ของแต่ละท้องที่) โดยอาศัยกรรมวิธีทางคำนวณ ไล่เลียงและเลือกตำแหน่งสถานที่ตั้งเฉพาะที่เห็นว่าจะได้ค่าคะแนนนิยมสูงสุด ตัวแปรค่าในการตัดสินใจที่สัมพันธ์กับคะแนนแต่ละค่าก็คือ การจะตั้งโรงงานหรือไม่ตั้งโรงงาน โดยดูจากคำตอบที่ให้ออกมาว่าเป็นหนึ่งหรือศูนย์ ในแง่ของการวางแผนเราเรียกสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดในข้อนี้ว่า “เป้าหมาย” ซึ่งเป็นสมการแบบหนึ่ง (2) เมื่อมีเป้าหมายตามในข้อ (1) แล้วก็ต้องมีข้อจำกัดอันเป็นปกติธรรมดาของการวางแผน ไม่ว่าจะเป็นแผนเลือกที่ตั้งโรงงาน (เช่นในกรณีนี้) แผนการผลิตทางอุตสาหกรรม แผนการเงิน ฯลฯ ข้อจำกัด (constraints) ที่มักเกิดขึ้นของตามธรรมชาติของการวางแผนบริหารใช้ทรัพยากรนั้น จะเรียกว่าเป็นผลดีทางอ้อมก็ได้เพราะทำให้การแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบต่างๆ อยู่ในขอบเขตอันหนึ่งและได้คำตอบหรือแผนที่เหมาะสมที่สุด (OPTIMAL PLAN) นำไปปฏิบัติได้หลักในการตั้งข้อจำกัดนี้ต้องพิจารณาจากความเป็นจริงคือให้มีข้อจำกัดต่างๆ เฉพาะที่เห็นว่าจำเป็นเท่านั้น

การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งอาจแบ่งได้เป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

Ronald H. Ballon (1999) ได้เสนอแนวทางและวิธีการในเชิงปริมาณที่สามารถทำได้เป็นที่รู้จักดีคือ (1) วิธีจุดศูนย์ถ่วงแบบทางตรง (Exact center-of-gravity approach) (2) วิธีแบบกริด (The grid method) (3) วิธีเซนทรอยด์ (The centroid method) (4) วิธีกำหนดการเชิงเส้นแบบ Mix-Integer (Mix-Integer Linear programming) และ (7) วิธีกำหนดการเชิงเส้นแบบ Guided (Guided linear programming)

สำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพนั้นจะพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อธุรกิจนั้นๆ เช่น ต้นทุนค่าที่ดิน ความหนาแน่นของแรงงานที่มีฝีมือ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสาธารณูปโภคและภาษีบำรุงท้องที่ ทัศนคติของชุมชน เป็นต้น

Revelle et al. (2005) ได้ระบุว่าปัญหาเลือกสถานที่ตั้งมีลักษณะเฉพาะอย่าง 4 ประการด้วยกันคือ (1) ลูกค้าซึ่งมีตำแหน่งแน่นอนอยู่แล้วที่ใดที่หนึ่ง หรืออยู่บนเส้นทางการขนส่ง (2) โรงงานที่ต้องการหาตำแหน่งที่ตั้ง (3) ที่ตั้งซึ่งลูกค้าและโรงงานตั้งอยู่ (4) ค่าระยะทางหรือเวลาในการเดินทางระหว่างโรงงานกับลูกค้า

Minnesota Pollution Control Agency (MPCA, 2007) ได้จัดทำคู่มือในการประเมินความเหมาะสมของการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานผลิตเอทานอล (Planning and Constructing an Ethanol Plant in Minesota) โดยในคู่มือดังกล่าวระบุถึงปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานผลิต เอทานอลซึ่งประกอบด้วย (1) แหล่งน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการผลิต (2) การบำบัดน้ำเสียที่ออกมาจากโรงงาน (3) ความอุดมสมบรูณ์ของวัตถุดิบทางการเกษตรที่ใช้ผลิตเป็นเอทานอล

(4) ระบบขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ เช่นสภาพถนน สถานีรถไฟ เป็นต้น (5) ประเภทของเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานในการผลิตเอทานอล (6) ทุนสนับสนุนหรือสิทธิประโยชน์จากภาครัฐ เนื่องจากจากการจัดตั้งโรงงานในบางพื้นที่อาจมีสิทธิประโยชน์ตามนโยบายส่งเสริมการลงทุนของรัฐบาล (7) ประเมินผลกระทบต่อคนที่อยู่ในพื้นที่ เช่น ฝุ่นจากการขนส่งวัตถุดิบเสียงจากโรงงาน กลิ่นจากโรงงาน ฯลฯ และ (8) ความสัมพันธ์กับชุมชน

Owen et al. (1998) ได้จำแนกลักษณะของปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งตามลักษณะของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ออกเป็น 3 ประเภท คือ ปัญหาปกคลุม (Covering Problems) ปัญหาระยะทางเฉลี่ย (Average Distance Problems) และปัญหาศูนย์กลาง (Center Problems) ซึ่งปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบเฉลี่ยถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Hakimi (1964) มีชื่อเรียกว่า P-median Problem รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาแบบ P-median เป็นดังนี้

ดัชนี (Indices)

i ลำดับของแหล่งวัตถุดิบในการผลิต โดยที่ $i = 1, 2, \ldots, I$

j ลำดับของจุดที่มีศักยภาพในการตั้งโรงงาน โดยที่ $j = 1, 2, \ldots, J$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

P เป็นจำนวนของศูนย์กระจายสินค้าที่จะตั้ง

D_{ji} ระยะทางระหว่างโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ji} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าแหล่งวัตถุดิบ } i \text{ ส่งวัตถุดิบให้โรงงาน } j \\ 0 & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$

$Y_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดที่มีศักยภาพในการตั้งโรงงาน } j \text{ เปิดเป็นโรงงาน} \\ 0 & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} DijXij \qquad (2.1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} \leq 1 \qquad \forall_{i=1,2,\ldots,I} \qquad (2.2)$$

$$X_{ji} \leq Y_j \qquad \forall_{i=(1,2,\ldots,I),j=(1,2,\ldots,J)} \tag{2.3}$$

$$\sum_{j=1}^{J} Y j = P \tag{2.4}$$

$$X_{ji} \in \{0,1\}, Y_j \in \{0,1\} \qquad \forall_{i=(1,2,\ldots,I),j=(1,2,\ldots,J)} \tag{2.5}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (2.1) เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่ำสุด สมการเงื่อนไขที่ (2.2) เป็นการประกันว่าแหล่งวัตถุดิบจะส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานเพียงแห่งเดียวเท่านั้น สมการที่ (2.3) เป็นการประกันว่าแหล่งวัตถุดิบจะไม่ส่งวัตถุดิบให้โรงงานที่ยังไม่ได้เปิด สมการที่ (2.4) จำนวนโรงงานที่เปิดเท่ากับ P แห่ง สมการเงื่อนไขสุดท้าย (2.5) เป็นการกำหนดตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่

ในอีก 25 ปีต่อมา Cornuejols et. al. (1990) พบว่าปัญหาของ Hakimi (1964) ยังมีจุดด้อยที่ไม่ได้พิจารณาต้นทุนในการสร้างศูนย์กระจายสินค้าในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งหากทำการเพิ่มต้นทุนคงที่ในการสร้างศูนย์กระจายสินค้าเข้าไปในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ชื่อปัญหาจะเปลี่ยนเป็น Uncapacitated Facility Location Problem โดยต้นทุนรวมทั้งหมดจะประกอบไปด้วยต้นทุนคงที่ในการสร้างศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนค่าขนส่ง รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นมาจะเป็นดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$Min = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} D_{ij} X_{ij} + \sum_{j=1}^{J} F_j Y_j \tag{2.6}$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} \leq 1 \qquad \forall_{i=1,2,\ldots,I} \tag{2.7}$$

$$X_{ji} \leq Y_j \qquad \forall_{i=(1,2,\ldots,I),j=(1,2,\ldots,J)} \tag{2.8}$$

$$\sum_{j=1}^{J} Y_j = P \tag{2.9}$$

$$X_{ji} \in \{0,1\}, Y_j \in \{0,1\} \qquad \forall_{i=(1,2,\ldots,I),j=(1,2,\ldots,J)} \tag{2.10}$$

$$\sum_{j=1}^{I} X_{ij} a_j \le C_j \qquad \forall_{j=1,2,\ldots,J} \qquad (2.11)$$

ส่วนที่เพิ่มเติมจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของ Hakimi ได้แก่

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

Fj ค่าใช้จ่ายในการเปิดโรงงานที่ j

Cj ความสามารถที่โรงงาน j สามารถรับวัตถุดิบได้ต่อวัน

ai ปริมาณวัตถุดิบที่มีในแหล่งวัตถุดิบ i

สมการวัตถุประสงค์จะบวกในส่วนของค่าใช้จ่ายในการเปิดโรงงานเข้าไปดังสมการที่ (2.6) และเพิ่มสมการเงื่อนไขที่ (2.11) คือสมการที่ประกันว่าโรงงานสามารถรับวัตถุดิบได้ไม่เกินความสามารถที่โรงงานรับวัตถุดิบได้ต่อวัน

นอกจากนี้ในช่วงทศวรรษที่ 1960 Hakimi (1964) ได้มีการนำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการหาสถานที่ตั้งโรงงานจำนวน P โดยการให้น้ำหนักด้านระยะทางบนโครงค่ายของจุดที่มีความต้องการสินค้า n จุด ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในเวลาต่อมาในชื่อปัญหาแบบ P-median

ศูนย์กระจายสินค้าแบบ P-median คือปัญหาที่เราเลือกตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าจำนวน Pแห่ง ภายในจำนวนลูกค้า n แห่ง รวมไปถึงการตัดสินใจว่าศูนย์กระจายสินค้าที่ถูกเลือกจะส่งสินค้าให้กับลูกค้าคนใดบ้าง โดยให้ระยะทางการขนส่งของรวมจากทุกศูนย์กระจายสินค้าให้กับลูกค้าทุกคนสั้นที่สุด

Osaman et al. (2001) กล่าวว่า CPMP เป็นปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งคล้ายกับปัญหา P-median แต่มีการให้ความสำคัญในเรื่องความสามารถในการส่งสินค้าของจุดกระจายสินค้าที่มีจำกัด และลูกค้ามีความต้องการที่จำกัดเช่นกัน

2.4 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Location Routing Problem: LRP)

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเป็นการแก้ปัญหาที่มีจุดประสงค์เพื่อเลือกสถานที่ตั้งซึ่งเป็นปัญหาหลัก แต่ในขณะเดียวกันก็มีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งของยานพาหนะซึ่งเป็นปัญหารองด้วย

การเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมนั้น การให้ความสำคัญในเรื่องของการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญมาก ซึ่งจะส่งผลต่อการกำหนดค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการขนส่งก็จะส่งผลให้ราคาสินค้าสูงหรือต่ำลงได้ จึงนับได้ว่าการขนส่งถือว่าเป็นปัญหาที่จะต้องพิจารณาระมัดระวัง

รอบคอบ มีเหตุผล ทั้งนี้เพราะว่าปัจจัยการผลิตต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ คน เครื่องจักร อุปกรณ์ และสิ่งที่สนับสนุนการผลิตต่างๆ ที่จะนำไปสู่โรงงานล้วนแต่อาศัยการขนส่งทั้งสิ้น หลังจากนั้น เมื่อโรงงานทำการแปรรูปวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ (Products) แล้วก็ต้องขนส่งสู่ตลาดอีก ปัญหาที่ต้องพิจารณาเรื่องการขนส่งก็คือ ช่วงระหว่างวัตถุดิบกับโรงงาน และช่วงระหว่างโรงงานกับตลาด หรือแหล่งจำหน่าย ช่วงดังกล่าวสามารถขนส่งได้กี่วิธี ขนส่งอย่างไรจึงจะเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด ดังนั้นการจัดการเส้นทางยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง ก็เป็นปัญหาที่สามารถกำหนดต้นทุนในการขนส่งให้ลดลงได้เช่นเดียวกับการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม

จากรูปแบบปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งที่มีความซับซ้อน ซึ่งปัญหานี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาประเภท Nondeterministic Polynomial-Time Hard (NP-hard) เพราะว่าเป็นการรวมปัญหา NP-Hard ทั้งสองปัญหาคือ (1) ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและ (2) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะรวมเข้าด้วยกัน Wu et al. (2002) ได้นำเสนอการปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Perl et al. (1985) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหา LRP เป็นดังนี้

ดัชนี (Indices)

- i จุดศูนย์กลางการกระจายสินค้าทั้งหมดที่เป็นไปได้
- j ลูกค้าทั้งหมด
- k ยานพาหนะทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

- N จำนวนของลูกค้าทั้งหมด
- C_{ij} ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j
- G_i ต้นทุนคงที่ของการสร้างศูนย์กระจายสินค้า i
- F_k ต้นทุนคงที่ของการใช้พาหนะ k
- V_i ความสามารถในการรองรับสินค้าของศูนย์กระจายสินค้า i
- d_j ความต้องการของลูกค้า j
- Q_k ความสามารถในการขนส่งสินค้าของพาหนะขนส่ง (หรือเส้นทาง) k

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

$$Xij \begin{cases} 1, \text{ถ้ามีการเดินทางจาก } i \text{ ไปยังจุด } j \text{ บนเส้นทาง } k \\ 0, \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

$$Yj \begin{cases} 1, \text{ถ้าศูนย์กระจายสินค้า } i \text{ ถูกสร้างขึ้น} \\ 0, \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

$$Zij \begin{cases} 1, \text{ถ้าลูกค้า } j \text{ ถูกกำหนดให้ได้รับการบริการจากศูนย์กระจายสินค้า } i \\ 0, \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

$Uik =$ ตัวแปรสนับสนุน (Auxiliary variable)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Min} = \sum_{i \in I} GiYi + \sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} \sum_{k \in K} CijXijk + \sum_{k \in K} Fk \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Xijk \qquad (2.12)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I \cup J} Xijk = 1 \qquad j \in J \qquad (2.13)$$

$$\sum_{j \in J} d_j \sum_{i \in I \cup J} X_{ijk} \leq Q_k \qquad k \in K \qquad (2.14)$$

$$Uk - Ujk + NXijk \leq N = 1 \qquad j, j \in J, k \in K \qquad (2.15)$$

$$\sum_{j \in I \cup J} X_{ijk} - \sum_{j \in I \cup J} X_{jik} = 0 \qquad k \in K \qquad (2.16)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{ijk} \leq 1 \qquad k \in K \qquad (2.17)$$

$$\sum_{i \in J} d_j z_{ij} - V_i y_i \leq 0 \qquad i \in I \qquad (2.18)$$

$$-z_{ij}+\sum_{u\in I\cup J}\left(X_{iuk}+X_{ujk}\right)\leq 1 \qquad i\in I, j\in J, k\in K \qquad (2.19)$$

$$X_{ijk}=0,1 \qquad i\in I, j\in J, k\in K \qquad (2.20)$$

$$Y_i=0,1 \qquad i\in I \qquad (2.21)$$

$$z_{ij}=0,1 \qquad i\in I, j\in J \qquad (2.22)$$

$$U_{lk}\geq 0 \qquad l\in J, k\in K \qquad (2.23)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (2.12) คือผลรวมต่ำที่สุดจากผลบวกของต้นทุนคงที่ในการสร้างศูนย์กระจายสินค้า ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนคงที่ในการใช้ยานพาหนะขนส่ง สมการเงื่อนไขที่ (2.13) เป็นการกำหนดให้ลูกค้าแต่ละคนสามารถรับบริการได้จากพาหนะขนส่งเพียงคนละหนึ่งคันหรือหนึ่งเส้นทางเท่านั้น สมการที่ (2.14) เป็นการกำหนดเงื่อนไขว่าปริมาณของสินค้าที่พาหนะคันนั้นๆ รับผิดชอบจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกสินค้า สมการที่ (2.15) เป็นสมการเงื่อนไขป้องกันการเกิดซับทัวร์ สมการที่ (2.16) เป็นเงื่อนไขที่บังคับให้พาหนะขนส่งเข้าให้บริการที่จุดใดก็ต้องออกจากจุดนั้นเสมอ สมการที่ (2.17) พาหนะขนส่งแต่ละคันสามารถทำงานให้กับศูนย์กลางการจัดส่งพัสดุเพียงแห่งเดียวเท่านั้น สมการที่ (2.18) เป็นเงื่อนไขด้านความสามารถในการรองรับความต้องการของลูกค้าของศูนย์กลางการกระจายสินค้า สมการที่ (2.19) เป็นการจัดสรรลูกค้าให้เข้าใช้บริการในศูนย์กระจายสินค้าได้เพียงแห่งเดียว หากมีเส้นทางที่เชื่อต่อระหว่างลูกค้าและศูนย์กลางการกระจายสินค้า ส่วนสมการที่ (2.20), (2.21) และ (2.22) เป็นการกำหนดตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ สมการเงื่อนไขสุดท้าย (2.23) เป็นตัวแปรสนับสนุนที่ต้องมีค่าเป็นเลขบวกเท่านั้น

Balakrishnan el at. (1987) กล่าวว่าปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่ง การที่จะค้นหาคำตอบจากปัญหานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพควรแก้ปัญหาไปพร้อมๆ กัน โดยไม่ต้องแยกปัญหาออกจากกัน เนื่องจากว่าปัญหานี้มีความสัมพันธ์ต่อกันและมีผลโดยตรงต่อคำตอบสุดท้าย จำเป็นต้องบูรณาการวิธีการหาคำตอบเข้าด้วยกัน ต่อมา Laporte (1992) นำเสนอการจัดตั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งเป็นท่านแรก การแก้ปัญหาช่วงนั้น ได้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาแบบค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น วิธีการแผนภูมิการ

ตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) วิธี Branch and Bound algorithm วิธี Gomory Cut และ วิธี Graph Transformation และในบทความดังกล่าวยังแยกระดับความสำคัญของปัญหาออกเป็น 2 ปัญหา คือ ปัญหาหลัก (Master Problem) และปัญหารอง (Sub Problem) ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งถูกจัดอยู่ในปัญหาหลัก โดยใช้วิธี Tree Search Algorithm หลักจากได้คำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจะแก้ปัญหารองต่อนั่นคือ ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธี Branch and Bound คำตอบที่ได้จากวิธีการนี้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) แต่วิธีการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในด้านขนาดของปัญหาซึ่งขนาดของปัญหาเป็นปัญหาขนาดเล็กลูกค้าไม่เกิน 40 ราย

Wu et al. (2002) ได้ระบุถึงรูปแบบของตัวแบบคณิตศาสตร์ของปัญหานี้ว่า โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย (1) จำนวนสถานที่ตั้ง (2) ความต้องการสินค้าของลูกค้า (3) จำนวนสถานที่ตั้งของจุดที่น่าจะตั้งศูนย์กระจายสินค้า ตลอดจน (4) ชนิดและขนาดของยานพาหนะ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถหาหรือกำหนดได้ ส่วนการวางแผนการกระจายสินค้า และจัดเส้นทางการขนส่งนั้น จะต้องได้รับการออกแบบเพื่อ (1) ตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละราย (2) ลูกค้าแต่ละรายจะได้รับการจัดส่งสินค้า โดยยานพาหนะหนึ่งคันอย่างแน่นอน (3) ความต้องการโดยรวมในแต่ละเส้นทางจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุของยานพาหนะที่ได้รับมอบหมายให้ไปในเส้นทางนั้นๆ (4) แต่ละเส้นทางจะต้องเริ่มและจบที่ศูนย์กระจายสินค้าเดียวกัน ตามที่ได้ออกแบบไว้

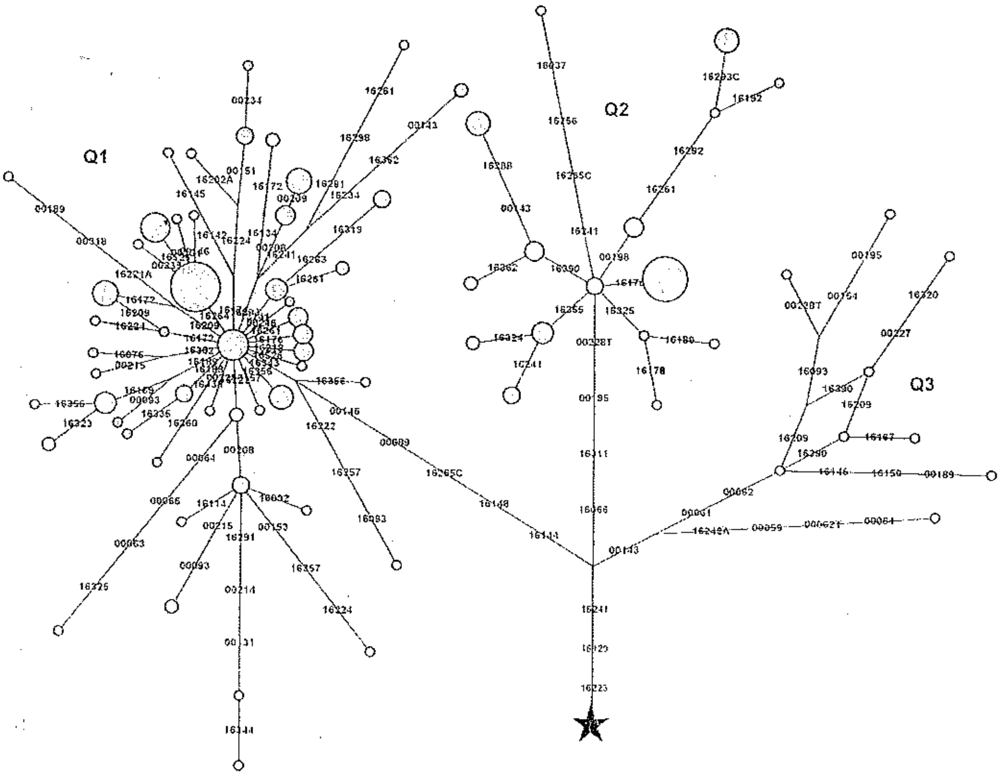
Jitimar (2003) นำเสนอวิธีการของ Ant Colony Optimization (ACO) ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งในโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร เพื่อใช้ในการแก้ปัญหากลิ่นจากมูลสุกรกับเขตชุมชน การแก้ปัญหานี้ ได้มีการแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ปัญหาคือ ปัญหาสถานที่ตั้งโรงงานและปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะขนส่ง และใช้วิธี ACO เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาสามารถวิเคราะห์หาตำแหน่งที่โรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ และใช้ระยะทางการขนส่งที่เหมาะสม

สุพรรณ สุดสนธิ์ และคณะ (2549) ได้ประยุกต์วิธีการหาคำตอบโดยวิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Generic algorithm: GA) สำหรับปัญหาการตัดสินใจเลือกสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและการคัดเลือกสินค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้าแบบสมดุลความต้องการสินค้า พบว่าฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นมา สามารถค้นหาผลลัพธ์จากปัญหาได้ในระดับที่น่าพอใจ ถ้าเป็นปัญหาขนาดของลูกค้าไม่เกิน 20 ราย จะพบผลลัพธ์เป็นคำตอบที่ดีที่สุด แต่ถ้าปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะมากขึ้นตามลำดับ ระดับพารามิเตอร์ตัวดำเนินการจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของปัญหาและมีผลโดยตรงกับระดับเวลาที่ใช้ประมวลผลเพิ่มมากขึ้น

Negy et al. (2007) ได้สรุปรูปแบบของปัญหาการเลือกสถานที่และจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะ โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ตามโครงสร้างของปัญหา ชนิดของข้อมูล ช่วงเวลาในการวางแผน วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จำนวนศูนย์กระจายสินค้า โครงสร้าง

ของเส้นทาง ฯลฯ ผู้ศึกษาวิจัยปัจจุบันส่วนมากจะอยู่ในรูปแบบของการหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า เพื่อที่จะส่งสินค้าไปยังลูกค้าจำนวนหนึ่ง โดยมีลักษณะของข้อมูลเป็นแบบดีเทอร์มินิสติก และใช้วิธีการแบบฮิวริสติก ในส่วนของวิธีการแก้ปัญหาแบบทางตรง จะมีข้อจำกัดในการเลือกของขนาดปัญหา โดยสามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีทางตรงจะเหมาะสมกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก หรือมีจำนวนลูกค้าไม่เกิน 40 ราย ดังนั้นวิธีฮิวริสติกจึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้น โดยวิธีฮิวริสติกสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง และการจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหุนะ สามารถแบ่งได้เป็น 4 วิธีการหลักๆ คือ (1) การแก้ปัญหาแบบลำดับขั้น (Sequential methods) เป็นวิธีแก้ปัญหาตามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งหมายถึงการจัดแยกปัญหาขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาขนาดเล็ก หรือโดยทั่วไปเรียกว่า “Cluster first and route second” ซึ่งมีผู้วิจัยงานด้านนี้อยู่หลายท่านด้วยกัน เช่น Webb (1968) Watscn Gandy et al. (1973) Balakrishan et al. (1987) และ Srtivastava et al. (1990) นำเสนอการใช้วิธี Sequential Solution กับการแก้ปัญหาสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะขนส่ง (2) การแก้ปัญหาแบบจัดกลุ่ม (Cluster-based method) เช่น เซตที่ 1 เป็นเซตของลูกค้ากับศูนย์กระจายสินค้าที่ถูกเลือกให้เปิดดำเนินงาน อาศัยหลักการแบ่งกลุ่มหลักการเพื่อนบ้านใกล้เคียง (Nearest Neighborhood Search) เซตที่ 2 จะแบ่งกลุ่มเซตจากเซตที่ 1 ออกเป็นสับเซตเล็กๆ คือเซตลูกค้าที่ถูกกำหนดหรือเลือกให้ใช้พาหนะขนส่งบนเส้นทางเดียวกัน ต่อจากนั้นก็จะทำการแก้ปัญหาแต่ละกลุ่มเซต วิธีการของ Clustering based จะมีลักษณะคล้าคลึงกับวิธี Sequential Methods คือ ไม่มีการพิจารณาผลลัพธ์ย้อนกลับในการแก้ปัญหาระหว่างสองปัญหาย่อย (คำตอบที่ได้จากปัญหาแรกจะไม่ถูกนำกลับไปใช้กับปัญหาที่สอง) จะถูกทีละปัญหานั่นเอง (3) การแก้ปัญหาแบบทำซ้ำ (Iterative method) เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบการแยกย่อยปัญหาขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะขนส่งนี้จะแยกปัญหาออกเป็น 2 ปัญหาย่อย จากนั้นก็จะนำวิธีการของ Iterative มาแก้ปัญหาทีละปัญหา ซึ่งคำตอบที่ได้จากขั้นตอนแรก จะส่งผลถึงการแก้ปัญหาของเฟสอื่นๆ ด้วย จุดสำคัญของการแก้ปัญหานี้กับวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีของ Iterative จะต้องทราบว่าจุดไหนบ้างที่จะต้องเชื่อมโยงกันระหว่างเฟสแรกกับเฟสอื่นๆ เพื่อส่งผลคำตอบที่ดีขึ้นในทุกๆ รอบกระทำซ้ำ และ (4) การแก้ปัญหาแบบลำดับชั้น (Hierarchical method) คือวิธีการของฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาแบบลำดับชั้น เช่น การแก้ปัญหาหลักและปัญหารอง ทั้งสองปัญหาจะมีผลสืบทอดซึ่งกันและกัน เช่น การแก้ปัญหาสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า (Location Problem) ไปจนจบกระบวนการเสียก่อนแล้วค่อยทำการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะที่เป็นปัญหารอง แล้วกลับมาเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง การเริ่มต้นใหม่ในรอบกระทำซ้ำนี้จะถูกแก้ไข

คำตอบใหม่ให้ดีขึ้น และทำไปจนกระทั่งครบเงื่อนไขในการหยุดที่ตั้งไว้แล้วจึงค่อยส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมา ซึ่งมีผู้วิจัยหลายท่านเชื่อว่าเป็นวิธีการที่สามารถพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้นไปเรื่อยๆ ตามลำดับ



ภาพที่ 2.5 ลักษณะเส้นทางการขนส่งของปัญหา P-median (http://www.spatialanalysisonline.com)

ในส่วนของวิธีการแก้ปัญหาแบบทางตรง (Exact method) สำหรับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะโดยทั่วไปจะอยู่ในชั้นฐานของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งใช้อัลกอริทึมแบบ บรานช์-แอน-บาวน์ (Branch-and bound), บรานช์-แอน-คัท (Branch-and cut) ทฤษฎีกราฟ (Graph theory) เป็นต้น ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าวจะมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดของปัญหา โดยการแก้ปัญหาแบบทางตรงจะเหมาะกับปัญหาที่มีขนาดเล็กหรือมีจำนวนศูนย์กระจายสินค้าไม่เกิน 40 ศูนย์

2.5 แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับโลจิสติกส์แบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Logistics)

โดยปกติการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ ลดต้นทุนในการขนส่ง ลดขนาดของพาหนะ ลดเวลาของการขนส่ง เพิ่มผลกำไรในด้านการดำเนินการ ซึ่งบางที วัตถุประสงค์ของการลดต้นทุนก็ไม่เพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาด้านโลจิสติกส์จึงได้มีการนำเอา วัตถุประสงค์อื่นๆ มาประกอบเพื่อการตัดสินใจ ในด้านโลจิสติกส์ ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนปัญหา ให้เป็นแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective)

กมลชนก สุทธิวาทพุฒิ และคณะ (2544) ได้ให้คำนิยามของโลจิสติกส์ หมายถึง การจัดการลำเลียงขนส่งสินค้าเพื่อให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด โดยเริ่มจากกระบวนการจัดหาวัตถุดิบไปจบที่ผู้บริโภค โดยมีการจัดการวางแผน การจัดสายงาน การควบคุมกิจกรรมในส่วนที่มีการเคลื่อนย้าย และไม่มีการเคลื่อนย้าย รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกในกระบวนการไหลสินค้า

โดยปกติการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ ลดต้นทุนในการขนส่ง ลดขนาดของยานพาหนะ ลดเวลาของการขนส่ง เพิ่มผลกำไรในด้านการดำเนินการ ซึ่งบางที วัตถุประสงค์ของการลดต้นทุนก็ไม่เพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาด้านโลจิสติกส์ได้ จึงมีการนำเอา วัตถุประสงค์อื่นๆ มาประกอบเพื่อการตัดสินใจ ในด้านโลจิสติกส์ ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนปัญหา ให้เป็นแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi Objective)

Budadee et al. (2008) ได้ทำการศึกษาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลที่ใช้ชานอ้อย ซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยมองถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และพบว่าการใช้ชานอ้อยในการผลิตเอทานอลมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

นัทธพงศ์ นันทสำเริง (2552) ได้ศึกษาปัญหาเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบชานอ้อย แบบหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งได้แก่ ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านความเสี่ยง ด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าการให้น้ำหนักของสมการเป้าหมายที่ต่างกันจะส่งผลให้การเปิดโรงงานเอทานอลในพื้นที่และจำนวนที่ต่างกัน

ปัญหาการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์แบบหลายวัตถุประสงค์ได้ถูกนำไปประยุกต์ในหลายด้านด้วยกันไม่ว่าจะเป็น

(1) การขยายขอบเขตปัญหาดั้งเดิมเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง เช่น เพิ่มวัตถุประสงค์ด้านเวลา หรือวัตถุประสงค์ด้านความพึงพอใจของลูกค้า

(2) ประยุกต์ปัญหาเข้ากับกรณีศึกษาจริง เช่น ปัญหาการหาที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะต้องมีวัตถุประสงค์ที่เพิ่มในเรื่องของสิ่งแวดล้อมของคนในพื้นที่ด้วย

โดยทั่วไปแล้วการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์อาจมีวัตถุประสงค์เพียงอย่างเดียว เช่น เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง ลดเวลาในการขนส่ง ลดขนาดของยานพาหนะ หรือเพิ่มผลกำไรจากการดำเนินการ เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากเป็นการตัดสินใจในวัตถุประสงค์ที่มากกว่าหนึ่งวัตถุประสงค์ (Multiple objective) สิ่งที่มักเกิดขึ้นก็คือวัตถุประสงค์บางอย่างจะเกิดความขัดแย้งกันเองภายใน ดังนั้น จึงต้องมีการเปลี่ยนมุมมองของปัญหาให้เป็นแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiobjective)

Jezefowiez et al. (2008) ได้ระบุรูปแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiple-objective problem; MOP) ไว้ดังแสดงในสมการ (2.24)

$$\text{MOP} = \begin{cases} \text{Min } \mathrm{F}(x) = \left(f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x)\right) \\ s.t. x \in D \end{cases} \tag{2.24}$$

เมื่อ n = จำนวนวัตถุประสงค์ของปัญหา สำหรับปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ $n \geq 2$

x = $(x1, x2, \ldots, xr)$ เป็นเวคเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ

D = พื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้

$F(x)$ = เวคเตอร์ของวัตถุประสงค์

คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์จะอยู่ในรูปของเซตของพาเรโต (Pareto set) โดยในการแก้ปัญหาจะกระทำได้สามแนวทางคือ (1) แนวทาง *a priori* ซึ่งผู้ตัดสินใจจะกำหนดความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์ไว้ตั้งแต่เริ่มต้น (2) แนวทาง *interactive* ซึ่งผู้ตัดสินใจจะเลือกให้ความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์ระหว่างกระบวนการแก้ปัญหากำลังดำเนินการอยู่ และ (3) แนวทาง *a posteriori* ซึ่งเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะได้รับนำเสนอเพื่อให้ผู้ตัดสินใจเลือก

ปัญหาการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์แบบหลายวัตถุประสงค์ได้ถูกนำไปประยุกต์ในหลายทางด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็น

(1) การขยายปัญหาขอบเขตของปัญหาดั้งเดิม เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง เช่น เพิ่มวัตถุประสงค์ด้านเวลา หรือวัตถุประสงค์ด้านความพึงพอใจของลูกค้า

(2) การประยุกต์ปัญหากรณีศึกษาในชีวิตจริง เช่น ปัญหาการขนส่งวัตถุอันตรายซึ่งจะมีวัตถุประสงค์ด้านความเสี่ยงด้านความปลอดภัยเพิ่มเติมด้วย เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 การประยุกต์ใช้ Multi objective (MULT) กับงานวิศวกรรม

ปัญหา	นักวิจัย	วิธีการ
Multi objective Multi-stage Problem location	Dilek Tuzun (1999)	TS
	M.R.Gholamian (2007)	MADE
	Vincent F.Yu (2010)	SA
	Jose-Manuel Belenguer (2011)	A Branch-and-Cut method
	Mohammad Hossein Fazel Zarandi (2011)	SA
	Viet-Phuong Nguyen (2012)	TS
	Ismail Karaoglan (2012)	LRPSPD, SA
	Viet-Phuong Nguyen (2012)	GRASP, LP

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบ P-median และการจัดเส้นทางยานพาหนะขนส่ง ในปัญหา P-median เป็นปัญหาเลือกที่ตั้งของจุดกระจายสินค้าหรือโรงงาน p แห่งส่งให้ลูกค้าที่มีความต้องการในจุดต่างๆ โดยให้ต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งต้นทุนการขนส่งจะคิดจากระยะทางของจุดกระจายสินค้าที่ส่งผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้า หรือจากลูกค้าส่งมายัง คลังสินค้าบางกรณีอาจเป็นแหล่งวัตถุดิบถูกส่งมายังโรงงงานก็ได้

2.6 การหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม (Environment optimization)

การหาคำตอบที่ดีที่สุดเป็นศาสตร์ที่ทวีความสำคัญอย่างมากในโลกปัจจุบัน โดยเฉพาะการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับภาคธุรกิจเพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ซึ่งโดยทั่วไปการหาคำตอบที่ดีที่สุดจะเป็นการศึกษาปัญหาเพื่อที่จะหาค่าที่มากที่สุดหรือน้อยที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ภายใต้สมการขอบข่ายที่เป็นข้อจำกัดของปัญหา

เทคนิคการหาคำตอบที่ดีที่สุดจะเริ่มจากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาและกำหนดตัวแปรต่างๆ ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างธุรกิจ หรือสภาพของกระบวนการจะถูกกำหนดเป็นสมการขอบข่าย ซึ่งทั้งหมดจะอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์ ที่กำหนดขึ้นมา โดยวัตถุประสงค์ที่กำหนดขึ้นนี้อาจมีเพียงวัตถุประสงค์เดียวหรือหลายวัตถุประสงค์ก็เป็นได้

โดยปกติแล้วการหาคำตอบที่ดีที่สุดของระบบทางวิศวกรรมจะมุ่งเน้นไปที่วัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์แต่เพียงอย่างเดียว เช่น การลดต้นทุนในการผลิตให้ได้มากที่สุดหรือการสร้าง

ความสามารถในการทำกำไรมากที่สุด เป็นต้น อย่างไรก็ตามในทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการนำเอาการพัฒนาสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นอีกวัตถุประสงค์หนึ่งในกระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วย

ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้านสิ่งแวดล้อมนั้นจะมีความคล้ายคลึงกับการหาคำตอบที่ดีที่สุดทั่วๆ ไป แต่จะมีการเพิ่มวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังนั้นระบบการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่มีการเพิ่มวัตถุประสงค์ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเข้าไป จึงเรียกได้ว่าเป็นการหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์นั่นเอง

Buddadee (2008) ได้กล่าวถึงตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์และวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมนั้นสามารถเขียนได้ดังนี้

Minimize $\quad F \quad = cy + f(x)$ (2.25)

And

Minimize $\quad E_k \quad = \sum_{n=1}^{N} ec_{k,j} B_j$ (2.26)

Subject to; $\quad h(x,y) \quad = 0$ (2.27)

$g(x,y) \quad \leq 0$ (2.28)

$x \in X \quad \subseteq R^n$

(2.29)

$y \in Y \subseteq Z^q$ (2.30)

เมื่อ F เป็นเวกเตอร์ของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐศาสตร์

c เป็นเวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ด้านต้นทุนหรือกำไรสำหรับตัวแปร

f(x) เป็นฟังก์ชั่นที่สัมพันธ์กับตัวแปรแบบต่อเนื่อง

E_k เป็นเวกเตอร์ของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อม

$ec_{k,j}$ เป็นค่าความสัมพันธ์ของภาระ B_j ที่ส่งผลกระทบต่อ E_k

$h(x,y) = 0$ เป็นสมการขอบข่ายแบบเท่ากับ (Equality constraints)

$g(x,y) \leq 0$ เป็นสมการขอบข่ายแบบไม่เท่ากับ (Inequality constraints)

x เป็นเวคเตอร์ของตัวแปรแบบต่อเนื่อง (Continuous variable)

y เป็นเวคเตอร์ของตัวแปรแบบจำนวนนับ (Integer variable)

2.7 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Optimization)

วิธีฮิวริสติก หมายถึง วิธีการคิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งไม่มีแบบแผนที่แน่นอนตายตัว โดยการสร้างฮิวริสติกนั้นมักต้องอาศัยความเข้าใจและประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหานั้นๆ เป็นอย่างดี ดังนั้นวิธีฮิวริสติกที่ ใช้ในการแก้ปัญหาหนึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาอีกปัญหาหนึ่งได้ และไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่เท่ากันทุกครั้ง แต่สามารถได้คำตอบในเวลาที่รวดเร็ว หรือสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจนไม่สามารถเขียนเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ วิธีฮิวริสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของวิธีการในการสร้างคำตอบให้แก่ (1) วิธีฮิวริสติกแบบสร้างคำตอบ วิธีนี้จะเริ่มสร้างคำตอบโดยเริ่มจากการค่อยๆ เพิ่มลูกค้าในเส้นทางทีละรายหรือเพิ่มโหนดทีละโหนด จนประกอบกันเป็นคำตอบที่สมบูรณ์ เช่น วิธี Saving, Matching Based, Nearest Insertion, Nearest Neighbor เป็นต้น (2) วิธีฮิวริสติกแบบค้นหาคำตอบใกล้เคียง (Neighbourhood Search Heuristic) เป็นวิธีสร้างคำตอบขึ้นมาคำตอบหนึ่งที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขแล้วนำคำตอบนั้นมาทำการสลับตำแหน่งไปเรื่อยๆ เพื่อหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม ตามรอบที่กำหนดที่ได้ออกแบบไว้ เช่น วิธี Cluster First-Route Second, วิธี Route First- Cluster second, Sweep, วิธี Petal เป็นต้น ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้ในงานวิจัยโลจิสติกส์ เช่น วิธี Saving วิธี Matching Based วิธี Nearest Insertion วิธี Nearest Neighbor และวิธี Local Search เป็นต้น ดังนั้นวิธีฮิวริสติกจึงถูกพัฒนาให้มีความยืดหยุ่นรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เรียกว่า เมต้าฮิวริสติก (Meta-Heuristic)

Blum et al. (2003) ได้สรุปหลักการเบื้องต้นของเมต้าฮิวริสติกไว้ว่า (1) เมต้าฮิวริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ (2) เมต้าฮิวริสติกมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงที่ดีที่สุด ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม (3) วิธีเมต้าฮิวริสติกอาจมีทั้งแบบซับซ้อนและไม่ซับซ้อน เช่น วิธีโลคอล เซิร์ช (Local Search) วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) และวิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) เป็นต้น (4) เมต้าฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมหลากหลายวิธีเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (5) เมต้าฮิวริสติกมี

ระเบียบขั้นตอนที่แน่นอนแต่สามารถปรับเปลี่ยนในรายละเอียดเมื่อนำไปใช้แต่ละปัญหา (6) เมต้าฮิวริสติกบางประเภทมีการใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้น ในการจดจำคำตอบเดิม เพื่อให้การค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำที่เดิม

นอกจากนี้ Blum et al. (2003) ยังได้เสนอการแบ่งเมต้าฮิวริสติกไว้ 6 ประเภทดังนี้ (1) เมต้าฮิวริสติกที่เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) และวิธีการฝูงอนุภาค PSO (Particle Swarm Optimization) เป็นต้น (2) เมต้าฮิวริสติกที่ไม่ได้เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) เป็นต้น (3) เมต้าฮิวริสติกแบบใช้ประชากรคือในหนึ่งรอบของการค้นหาคำตอบจะได้คำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบให้เลือก เช่น วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการลอกแบบ (Memetic Algorithm) และวิธีการเกาะกลุ่มประชากรแบบ PSO (Particle Swarm Optimization) เป็นต้น (4) เมต้าฮิวริสติกแบบไม่ใช้ประชากร คือในหนึ่งรอบของการค้นหาคำตอบจะได้คำตอบออกมาเพียงหนึ่งคำตอบเท่านั้น เช่น วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) และวิธีการค้นหาในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ในแบบวนซ้ำ (Iterate Local Search) เป็นต้น (5) เมต้าฮิวริสติกแบบสมการเป้าหมายคงที่ คือในหนึ่งรอบของการคำนวณอาจมีการเปลี่ยนแปลงสมการเป้าหมาย เพื่อให้ได้คำตอบใหม่ๆ เกิดขึ้น เช่น วิธี Guided Local Search เป็นต้น (6) เมต้าฮิวริสติกแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมการเป้าหมาย เช่น วิธีระบบมด (Ant System) วิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) และวิธีการลอกแบบ (Memetic Algorithm) เป็นต้น

Nagy et al. (1996) นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของขนาดปัญหา โดยวิธีฮิวริสติกที่นำมาใช้เป็นวิธีการประมาณการแบ่งลูกค้าออกเป็นกลุ่มๆ เรียกว่า “Cluster-Based” ในการจัดสรรลูกค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้า และขั้นตอนต่อจากนั้นจะเป็นการสร้างเส้นทางด้วยวิธี Clarke and Wright Saving Heuristic อีก 3 ปีต่อมา Tuzun et al. (1999) ได้นำเสนอวิธีทาบูเซิร์ช (Tabu Search) แบบสองเฟสเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งที่มีขนาดของปัญหา 200 ลูกค้า โดยเปรียบเทียบคำตอบที่ได้และเวลาที่ใช้กับวิธีฮิวริสติกแบบ Saving ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าวิธี Tabu Search ที่ออกแบบมาได้คำตอบที่ดีกว่าวิธี Saving แต่ใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า

ณกร อินทร์พยุง (2548) ได้สรุปว่าปัญหาที่เหมาะสำหรับการแก้ด้วยวิธีฮิวริสติกจะมีลักษณะต่างๆ ประกอบด้วย (1) ปัญหาการตัดสินใจที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (Ill = structured problem) (2) ปัญหาที่ผู้วิจัยพยายามทำให้เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างสมบูรณ์แต่ได้ละเลยเงื่อนไขของ

ปัญหาบางอย่างหรือทำให้ง่ายขึ้น (3) ปัญหาที่มีตัวแปรการตัดสินใจและเงื่อนไขของปัญหาที่เป็นจำนวนมาก และ (4) ปัญหาที่ไม่ต้องการคำตอบที่ดีที่สุด (Goof feasible solution)

ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านโลจิสติกส์ เช่น วิธีในกลุ่มของ Constructive เช่น วิธีละโมบ (Greedy) และวิธีประหยัด (Saving) วิธีหาคำตอบแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhood search) หรือวิธีโลคอล (Local search)

สำหรับวิธีเมต้าฮิวริสติกนั้น เป็นวิธีฮิวริสติกแบบมาตรฐานที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้นและสามารถดัดแปลงเพื่อใช้ใจการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดย Blum et al. 2003 ได้สรุปหลักการเบื้องต้นของเมต้าฮิวริสติกไว้ว่า (1) เมต้าฮิวริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible region) (2) เมต้าฮิวริสติกมีวัตถุประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่สุด (3) วิธีการทางเมต้าฮิวริสติกอาจมีทั้งแบบซับซ้อนและไม่ซับซ้อน (4) เมต้าฮิวริสติกเป็นขั้นตอนการประมาณคำตอบ (5) เมต้าฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมกันของหลายเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (6) เมต้าฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอนแต่สามารถปรับเปลี่ยนในรายละเอียดได้เมื่อนำไปใช้ในแต่ละปัญหา (7) เมต้าฮิวริสติกสามารถใช้ได้กับปัญหาที่หลากหลาย (8) เมต้าฮิวริสติกอาจเป็นคำบรรยายโดยย่อหรือเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ก็ได้ และ (9) เมต้าฮิวริสติกบางประเภทมีการใช้ความจำชั่วคราวเพื่อจำคำตอบเดิม ซึ่งเป็นประโยชน์ในการค้นหาคำตอบที่ไม่แตกต่างไปจากเดิม

Clark, G. et al. (1964) ทำการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีหลายขนาด โดยส่งสินค้าออกจากศูนย์กลางการกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการทางฮิวริสติกจัดเรียงลำดับของค่าประหยัด (Saving) และเชื่อมเส้นทางต่างๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องการใช้และปริมาณสินค้าในแต่ละคัน จากการคำนวณค่าเวลาหรือระยะทางใช้จ่ายในการขนส่งที่ประหยัดสูงที่สุด นอกจากวิธีฮิวริสติกที่กล่าวมา ในอดีตที่ผ่านมามีการศึกษาหาวิธีหาคำตอบโดยใช้วิธีฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม วิธี GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) วิธี SA (Simulated Annealing) เป็นต้น

จากการศึกษาและผลงานวิจัยข้างต้น การใช้วิธีฮิวริสติก ด้วยวิธีต่างๆ สามารถที่จะแก้ไขปัญหาการเลือกจุดกระจายสินค้าและจัดเส้นทางการขนส่ง วิธีการต่างๆ ล้วนมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน และมีความเหมาะสมกับปัญหาในแต่ละแบบ

เมต้าฮิวริสติก (Meta-heuristic) เป็นฮิวริสติกแบบมาตรฐานที่มีความยืดหยุ่นมาก และสามารถดัดแปลงเพื่อใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ เมต้าฮิวริสติกมีระเบียบวิธีการหาคำตอบที่ดีภายในเซตคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ มี

วัตถุประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งมีหลายวิธี เช่น Local Search, Ant System, Genetic algorithm, Tabu Search, Simulated annealing, Iterated Local Search เป็นต้น เมต้าฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในคำตอบที่เป็นไปได้

สุพรรณ สุดสนธิ์ (2549) ประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธี อาณานิคมมดและขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบ เพื่อแก้ไขปัญหาการเลือกตั้งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบบหลายแห่งและจัดการเส้นทางการขนส่ง จากการใช้วิธีดังกล่าวพบว่าคำตอบและเวลาในการหาคำตอบมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม

Steven et al. (1994) ทำวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการเก็บขนวัตถุซึ่งเป็นปัญหาที่มีเป้าหมายวิ่งเก็บขนวัตถุให้ได้มากที่สุดในหนึ่งเที่ยวซึ่งในงาน วิจัยนี้จะเรียกว่าทัวร์ เก็บขนวัตถุจากจุด (Node) ซึ่งกระจายอยู่ที่นี่ไปในพื้นที่ที่ระบุแต่ละจุดจะมีน้ำหนักหรือปริมาตรของวัตถุที่จะต้องเก็บต่างกัน ข้อจำกัดของปัญหาประเภทนี้คือ เวลาและความจุของรถที่วิ่งในแค่ละทัวร์ งานวิจัยนี้ได้ใช้ฮิวริสติกในการจัดเส้นทางและทัวร์ ซึ่งผู้นำการวิจัยค้นพบว่า เมื่อทำการจัดเส้นทางและทัวร์ด้วยวิธีฮิวริสติกมีข้อดีสามประการคือ (1) ปัญหานั้นมีคำตอบที่เป็นไปได้อย่างน้อยหนึ่งคำคอบวิธีฮิวริสติกจะค้นพบได้อย่างแน่นอน (2) วิธีฮิวริสติกจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่ก็เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเป็นอย่างมากได้ (3) เป็นวิธีทีแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้ด้วยการใช้เวลาในการคำนวณน้อย

Clarke et al. (1964) ทำการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีหลายขนาดโดยส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการทางฮิวริสติกจัดเรียงลำดับของค่าประหยัด (Saving) และเชื่อมเส้นทางต่างๆ เข้าด้วยกันทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องการใช้และปริมาณสินค้าในแต่ละคัน

Matin et al. (1998) เสนอแนวทางของการปรับปรุงประสิทธิภาพของการกระจายสินค้าประเภทเบเกอรี่โดยมีข้อกำหนดคือ ช่วงเวลาในการส่งสินค้า ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสร้างเส้นทางในการเดินรถโดยใช้ระยะเวลาเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และใช้เทคนิค Nearest-neighbor heuristics โดยหาระยะเวลาในการเดินทางระหว่างลูกค้าจากข้อมูลระยะทางในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยด้วยการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเดินทางและเวลาเดินทางรถ และหาเวลาในการนำสินค้าลงด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของจำนวนสินค้าและเวลาที่ใช้ในการนำสินค้าลงจากรถ

Christofides et al. (1979) เสนอวิธีปรับปรุงเส้นทาง ภายหลังจากได้เส้นทางเบื้องต้น ผู้วิจัยได้เสนอการปรับปรุงเส้นทางด้วยการแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้ได้ระยะทางใหม่ที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าค่าเดิม โดยมีการเริ่มต้นจากการสมมติ เส้นทางเริ่มต้นขึ้นมาแล้วค่อยปรับปรุงจนกระทั่งได้เส้นทางที่ดีที่สุด

จากการศึกษาและผลงานวิจัยข้างต้น การใช้วิธีฮิวริสติก ด้วยวิธีต่างๆ สามารถที่จะแก้ไขปัญหาในการเลือกจุดกระจายสินค้าและจัดเส้นทางการขนส่ง วิธีการต่างๆ ล้วนมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันและมีความเหมาะสมกับปัญหาในแต่ละแบบ

ตารางที่ 2.4 สรุปภาพรวมของงานวิจัยที่ใช้วิธีทางตรงและฮิวริสติกในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางยานพาหนะ (Nagy and Salhi, 2007)

ประเภทของปัญหา	วิธีการแก้ปัญหา	ผู้วิจัย	จำนวนศูนย์กระจายสินค้า	จำนวนลูกค้า
General deterministic LRP	Cutting planes	Laporte et al. (1983)	40	40
	Branch-and-bound	Laporte et al. (1988)		
	Clustering-based	Barreto et al. (in press)	15	318
	Iterative	Salhi and Fraser (1996)	199	199
	Hierarchical	Nagy and Salhi (1996)	400	400
	Hierarchical	Albareda-Sambola et al. (2005)	10	30
	Hierarchical	Melechovsky et al. (2005)	20	240
Round-trip location	Numericalpotimization	Drezner (1982)	3	80
Eulerian location	Brand-and-cut	Ghiani and Laporte (1999)	50	200
Minimax TS location	Graph theoretical	Averbakh and Berman (2002)	1	ไม่ระบุ
Plant cycle location	Branch-and-cut	Labbe et al. (2004)	30	120
	Clustering-based	Clustering-based (2005)	6	70
Planar LRP	Iterative	Salhi and Nagy (in review)	ไม่ระบุ	199

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ซึ่งจะอธิบายตั้งแต่ชุดปัญหาที่นำมาใช้เป็นปัญหาทดสอบในงานวิจัยและปัญหาจากกรณีศึกษาจริงในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาไว้ดังนี้

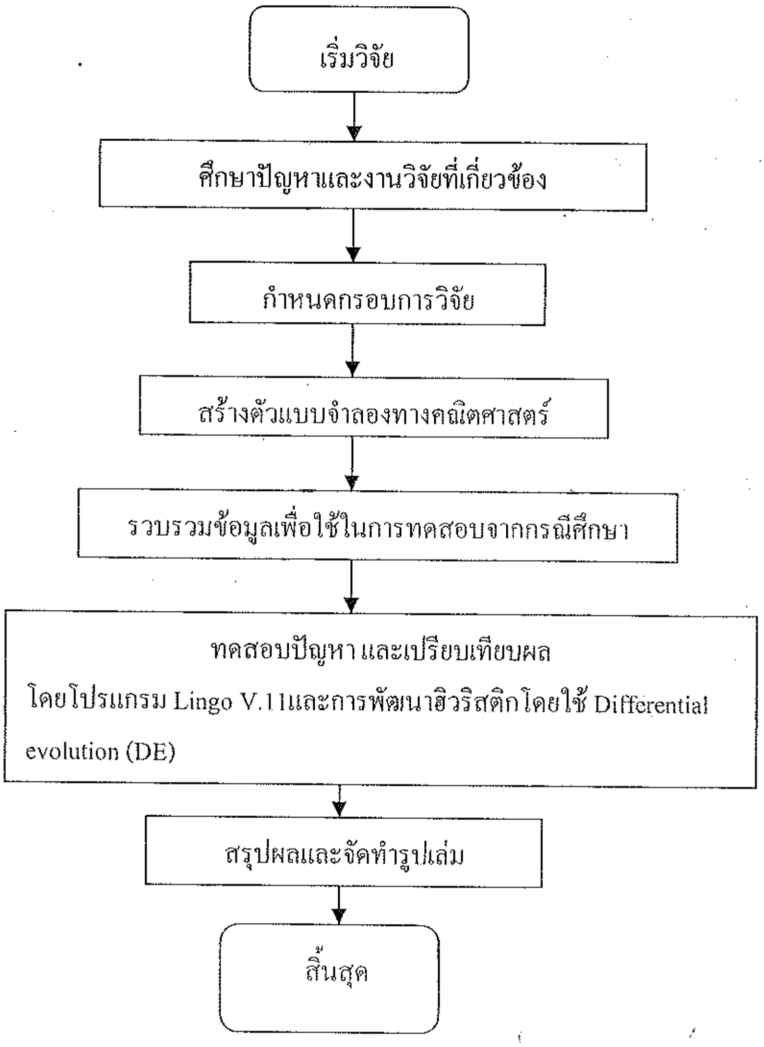
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากปริมาณพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในพื้นที่พัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ทั้งหมด 77 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสเพื่อที่จะนำมาพิจารณาในการเลือกเปิดลานเทปาล์มของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยมีข้อพิจารณาต่อในรายละเอียดต่อไปนี้ สถานที่ตั้ง ระยะทางในการขนส่ง ความเสี่ยงในการเกิดระเบิดขณะทำการขนส่ง ผลกระทบด้านสังคม โดยต้องยึดการลงทุนต่ำสุดและข้อมูลของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ปริมาณการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ ปริมาณปาล์มน้ำมันที่เก็บผลผลิตได้ในแต่ละวัน ความหนาแน่นของประชากร จำนวนเส้นทางการขนส่งที่เชื่อมต่อกัน สถิติการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่ง ขนาดที่ตั้งและระยะทางของแต่ละตำบลในจังหวัดนราธิวาส

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีในการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาข้อมูลจากสภาพพื้นที่และที่ตั้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มพร้อมทั้งปริมาณการปลูกปาล์มตลอดจนเส้นทางในการขนส่งในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสเพื่อจะนำมากำหนดสถานะของปัญหาในการวิจัยโดยกำหนดเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในรูปของกำหนดการเชิงเส้นที่เป็นจำนวนเต็ม (Integer linear programming) ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาทำเลที่ตั้งของลานเทปาล์ม ภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อให้มีต้นทุนการดำเนินการที่ต่ำที่สุด ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และ มีความเสี่ยงด้านการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่งต่ำที่สุดโดยรูปแบบการขนส่งจะเป็นแบบหลายลำดับขั้น ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้นผู้วิจัยจะต้องออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์จากปัญหาที่กำหนดแล้วนำมาทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรม

Lingo V.11 และพัฒนาวิธีการฮิวริสติกจากปัญหาที่กำหนดและหาคำตอบ โดยใช้ฮิวริสติก การวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และจากปัญหาจากกรณีศึกษาจริงโดยผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานไว้แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จากภาพที่ 3.1 สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

3.2.1 ศึกษารูปแบบปัญหา ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกำหนดกรอบงานวิจัย

ศึกษารูปแบบปัญหา ทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศกับการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้น

(SOLVING A MULTI – STAGES MULTI OBJECTIVEs LOCATION PROBLEM) ตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 และทำการกำหนดสถานะของปัญหาที่จะศึกษา (Problem statement) วัตถุประสงค์ (The research objective) และขอบเขตของงานวิจัย (The research scope)

3.2.2 จัดตั้งรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (The formulation of mathematical model)

รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในรูปแบบ Mixed integer linear Programming กับสถานะของปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทานกรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่มีการเลือกเปิดลานเทปาล์มน้ำมันเพื่อรองรับโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยในงานวิจัยจะอธิบายไว้ในบทที่ 4

3.2.3 การพัฒนาและทดสอบวิธีการหาคำตอบที่ดีเพียงพอ (Heuristic search approaches)

ขั้นตอนการทดสอบปัญหาและเปรียบเทียบผลวิธีการหาคำตอบที่ดีเพียงพอนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.2.3.1 ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และนำมาทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo V.11 โดยทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อทดสอบตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นจากข้อมูล 19 ตำบลของจังหวัดนราธิวาส ซึ่งพบว่าได้คำตอบที่ดีและใช้เวลาไม่มากนักและได้นำผลที่ได้เขียนบทความไปนำเสนอผลงานในระดับนานาชาติ

3.2.3.2 ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และนำมาทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo V.11 โดยทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อทดสอบตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นจากกรณีศึกษาจริงโดยมีจำนวนข้อมูล 77 ตำบลของจังหวัดนราธิวาส ซึ่งพบว่าต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบและได้นำผลที่ได้ไปเขียนบทความไปนำเสนอผลงานในระดับนานาชาติ

3.2.3.3 ผู้วิจัยได้นำหลักการขั้นตอนการหาคำตอบ (Algorithm) ที่ออกแบบไว้นั้นมาสร้างแบบจำลองและผู้วิจัยได้นำหลักการของฮิวริสติกมาช่วยในการหาคำตอบโดยใช้ Differential evolution (DE) มาทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และจากปัญหาจากกรณีศึกษาจริงจากขั้นตอนการหาคำตอบ (Algorithm) ที่ได้ออกแบบไว้แล้วมาเปรียบเทียบผลที่ได้จากทุกกรณีและในการพิจารณานั้นผู้วิจัยได้พิจารณาถึงข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้

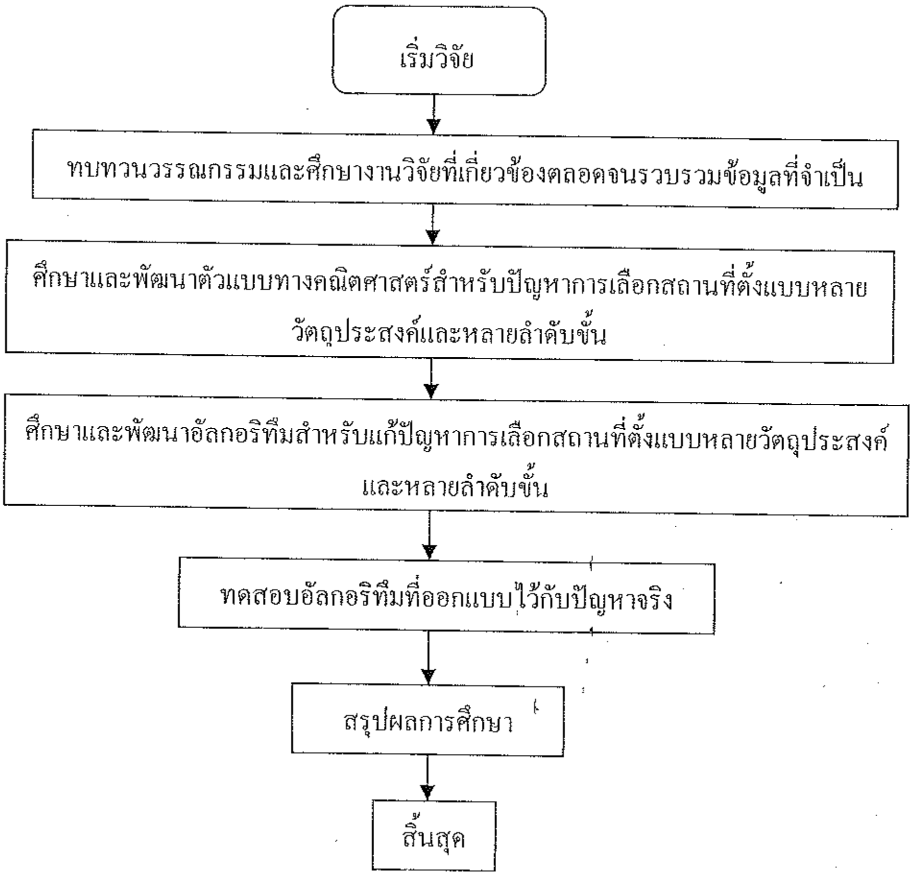
1) ข้อมูลต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ระยะทางระหว่างตำบลที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันและลานเทปาล์มน้ำมันที่เป็นจุดรองรับปาล์มที่จะเปิด เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบต่อไป

2) ข้อมูลด้านความปลอดภัยในการเดินทางของเกษตรกรมายังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดรองรับปาล์มน้ำมันของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบกรณีมีการเกิดระเบิดระหว่างเส้นทางการขนส่งไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน

3) ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับผลกระทบเนื่องจากการขนส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและจากลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

3.3 การพัฒนาฮิวริสติกส์

กระบวนการในการพัฒนาวิธีการคำนวณ หาที่ตำแหน่งลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนในการขนส่งและความเสี่ยงในการก่อวินาศกรรมและสิ่งแวดล้อม ต่ำที่สุดโดยผู้วิจัยเสนอวิธีการพัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อใช้ในการคำนวณหาที่ตั้งดังนี้



ภาพที่ 3.2 รูปแบบกระบวนการในการพัฒนาฮิวริสติกส์ในงานวิจัย

โดยในการพัฒนาฮิวริสติกส์ผู้วิจัยจะใช้หลักการของการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาหาคำตอบของปัญหาโดยมีขั้นตอนและกระบวนการดังต่อไปนี้

3.3.1 วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)

วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง (DE) เป็นหนึ่งในวิวัฒนาการอัลกอริทึมในการเพิ่มประสิทธิภาพในการหาพื้นที่ทั่วโลกอย่างต่อเนื่อง (Storn and Price, 1995) กรอบทฤษฎีของมันเป็นรูปแบบง่ายๆ และใช้เวลาน้อยในการคำนวณหาระยะเวลาการใช้งานของหน่วยประเมินผลกลาง (CPU) (Bin *et al.*, 2008) เนื่องจากข้อได้เปรียบของความสัมพันธ์ของตัวแปรควบคุมนั้นค่อนข้างน้อย แต่การทำงานก็ยังมีประสิทธิภาพดีอยู่ การวิวัฒนาการถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายและมีการแสดงจุดแข็งในหลายพื้นที่ที่มีการประยุกต์ใช้ (Godfrey and Donald 2006; Quan *et al.*, 2007; Qian *et al.*, 2008)และได้มีการประยุกต์ใช้ Differential evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมดังตารางที่ 3.2

ในวิธีการค้นหาที่ยึดตามหลักประชากร การวิวัฒนาการจะเริ่มสุ่มประชากรเริ่มต้นในขนาด N ของ เวกเตอร์มิติ D การแก้ไขปัญหาการวิวัฒนาการอัลกอริทึมจะไปแทนที่มิติของเวกเตอร์ D ซึ่งค่าของตัวแปรแต่ละตัวในพื้นที่ของมิติจะถูกแสดงเป็นเลขในระบบจำนวนจริง เบื้องหลังใจความสำคัญของการวิวัฒนาการนี้ คือ กลไกใหม่สำหรับการสร้างเวกเตอร์ของการทดลองการวิวัฒนาการจะสร้างเวกเตอร์การทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงและมองข้ามหลักการดำเนินงาน จากนั้นทดแทนการดำเนินงานเฉพาะรายบุคคลที่เราเรียกว่า การดำเนินการคัดเลือก ที่เกิดขึ้นเมื่อเวกเตอร์การทดลองนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเวกเตอร์ที่สอดคล้องกัน กระบวนการเหล่านี้จะถูกดำเนินการอีกครั้งจนกว่าจะมีเกณฑ์ยับยั้งให้มีการหยุด ทั้งนี้การวิวัฒนาการของประชากรก็จะถูกดำเนินการ โดยผ่านวิธีการทำซ้ำของ 3 ขั้นตอนหลักซึ่งก็คือ การกลายพันธุ์ ขั้นตอนทางพันธุกรรมแบบครอสโอเวอร์ และการคัดเลือกดังภาพที่ 3.3

3.3.2 การเริ่มต้นของประชากร

ในกระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้นในงานวิจัยได้ทำการสุ่มค่า X (a) เป็นตัวเลขจำนวนจริง 0 – 1 ให้มีขนาด j + k จำนวน N โครโมโซม เพื่อเป็นการกำหนดค่า Target Vector เริ่มต้นให้กับแต่ละเกษตรกรและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ตัวอย่างเช่นเกษตรกรและลานเทปาล์มในตำแหน่งที่ 1-5 ส่วนในตำแหน่งที่ 6 และ 7 เป็นโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ถ้าค่า $X(a) \leq pop - open$ จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การสร้างเวกเตอร์ในการเลือกเปิดลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

ตำแหน่งเกษตรกรและลานเทปาล์ม	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
ตัวเลขสุ่มลำดับเกษตรกรและลานเทปาล์ม	0.5	0.1	0.2	0.4	0.7	0.2	0.1
ลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิด	0	1	1	0	0	1	1

3.3.3 กระบวนการ Mutation คือ ขั้นตอนการคูณตัวแปรตัดสินใจด้วยปัจจัยตัวคูณ เรียกว่า Weighting Factor: F หรือ เรียกว่า Mutation Factor: F กระบวนการ Mutation มีขึ้นเพื่อจุดประสงค์ของการผ่าเหล่า กลายพันธุ์ ให้ได้คำตอบใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากกลุ่มจำนวนประชากรในข้อขั้นตอน 5.2 โดย มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.3.3.1) ทำการกำหนด Target Vector ($X_{i,G}$) โดยที่ $i = 1,2,3, \ldots, NP$

3.3.3.2) สุ่มเลือกจำนวน 2 Vector ($X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$) จากประชากรตั้งต้นที่ไม่ซ้ำกับ Target Vector

3.3.3.3) ทำการคำนวณหา Mutant Vector ($V_{i,G+1}$) จากความสัมพันธ์

$$V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G}) \quad (3.1)$$

เมื่อ

$X_{r1,G}$ = Target Vector

$V_{i,G+1}$ = Mutant Vector

$X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$ = Random Vector

F = Weighting Factor

3.3.4 กระบวนการ Crossover หรือ Recombination คือขั้นตอนการผสมสายพันธุ์ ซึ่งจะได้สายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่มีทั้งดีกว่าและแย่กว่าอย่างหลากหลาย โดยมีการสร้าง Trial Vector ($U_{ji,G+1}$) ดังแสดงในสมการที่ (5.2) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพิจารณาในการผสมสายพันธุ์ดังสมการ (5.3)

$$U_{ji,G+1} = (U_{1i,G+1}, U_{2i,G+1}, \ldots, U_{Di,G+1}) \qquad (3.2)$$

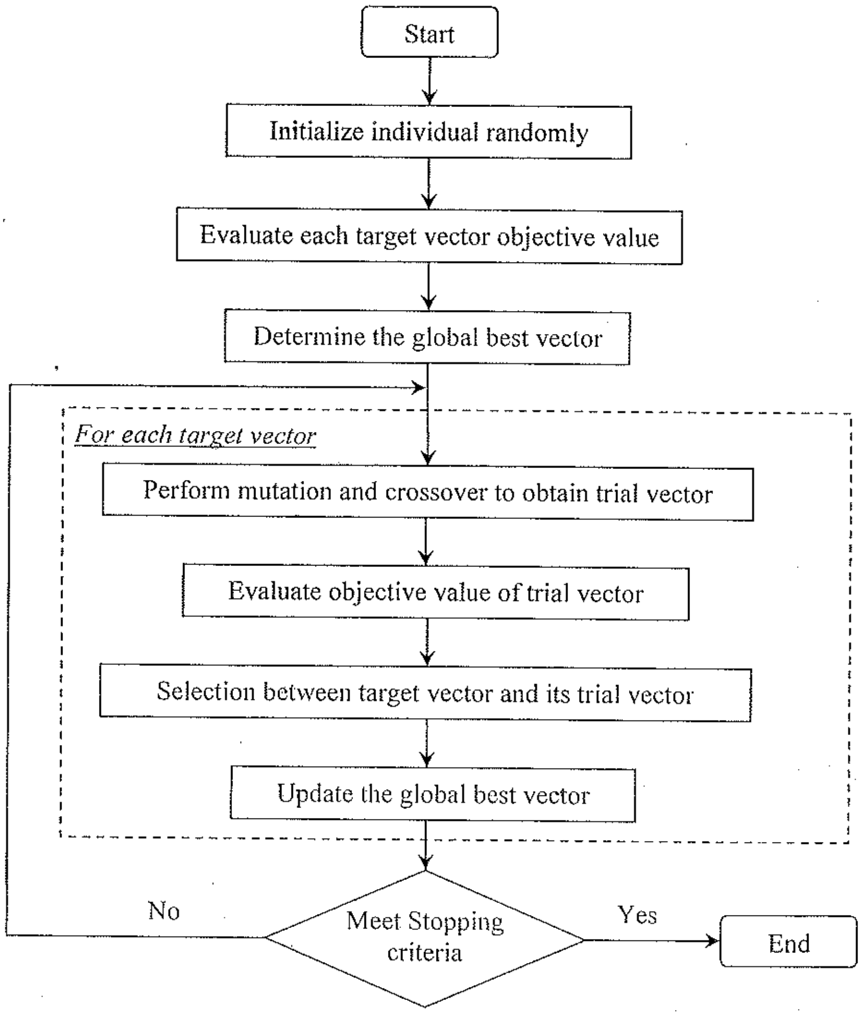
$$U_{ji,G+1} \begin{cases} V_{ji,G+1} & \text{if } (randb(j) \leq CR) \text{ or } j = rnbr(i) \\ X_{ji,G+1} & \text{if } (randb(j) > CR) \text{ or } j \neq rnbr(i) \end{cases} \qquad (3.3)$$

เมื่อ $U_{ji,G+1}$ = Trial Vector , $V_{ji,G+1}$ = Mutant Vector, $X_{ji,G+1}$ = Target Vector, randb(j) = การสุ่ม จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1 ครั้งที่ j, CR = Crossover Constant จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1, rnbr(i) = Index จากการสุ่มเลือก จำนวนเต็ม 1,2, … ,D และ j = 1,2, … ,D

3.3.5 กระบวนการ Selection คือขั้นตอนการคัดเลือกประชากรในรุ่นต่อไป (G+1) โดยคัดเลือกเอาแต่เฉพาะ คำตอบที่ดีกว่า โดยการเปรียบเทียบผลของ Target Vector กับ Trial Vector ในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ได้ของ Trial Vector ต่ำกว่าหรือเท่ากับ (คำตอบดีกว่าหรือเท่ากับ) Target Vector จะถูกแทนที่ด้วย Trial Vector ในรุ่นต่อไป ดังสมการที่ (3.4)

$$X_{i,G+1} \begin{cases} U_{i,G+1} & \text{if } f(U_{i,G+1}) \leq f(X_{i,G+1}) \\ X_{i,G} & \text{Otherwise} \end{cases} \qquad i = 1,2,\ldots,n \qquad (3.4)$$

วิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบวิวัฒนาการคำตอบ Differential evolution (DE) ที่ใช้หาคำตอบของปัญหาในงานวิจัยนี้ได้แสดงตัวอย่างและขั้นตอนต่างๆ ไว้ในบทที่ 5



ภาพที่ 3.3 รูปแบบกระบวนการในการพัฒนาฮิวริสติกส์โดยใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) (Storn and Price, 1995)

ตารางที่ 3.2 การประยุกต์ใช้ การวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม

ปัญหา	นักวิจัย	วิธีการ
Optimal HED Problem	Emanuel Melachrinoudis (1995)	DE
	Abbass (2002)	DE
	B.V.Babu (2005)	MODE
	Bergey and Ragsdale (2005)	MDE
	Das (2005)	two modification of the classicSPDE the value of F
	Omran (2005)	different mutation schemes in a single DE variant, called SaDE.
	Qin (2005)	A new DE mutation scheme combining local mutation operation and global mutation operation in order to improve a specific DE scheme.
	B.V.Babu (2006)	DE
	Chakraborty (2006)	Modification on the classical DE in generating mutant vectors.
	Kaelo and Ali (2006)	MINLP, MDE และ M-SIMPSA
	Rakesh Angira (2006)	DE
	B.V.Babu (2007)	DE
	Bilal Alatas (2008)	MODENAR
	Weiyi Qian (2008)	ADEA
	Yang (2008a)	SaNSDE.
	Yang (2008b)	MODE
	E.Zio (2011)	SADE

3.4 การสรุปและจัดทำรูปเล่ม

เมื่อกระทำตามกระบวนการที่จัดกรอบการดำเนินการวิจัยทั้งหมด และผลการวิจัยในภาพรวมเป็นที่น่าพึงพอใจ หมายความรวมถึงคำตอบที่ได้จากการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นมา ไปแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ มีประสิทธิภาพเพียงพอแล้ว ผู้วิจัยจึงจะสรุปและจัดทำรูปเล่มการวิจัยต่อไป

3.5 บทสรุป

จากขั้นตอนแผนการดำเนินงานการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยยังได้ทำการวางแผนการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือสำหรับการดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer hardware) และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer software) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (Personal computer; PC) หน่วยประมวลผลแบบ Intel(R) core(TM) 2 Duo CPU 2.00 GHzs หน่วยความจำ (RAM) 1.00 GB ทำงานบนโปรแกรมระบบปฏิบัติการ Windows XP และนอกจากนั้นมีการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป LIGO V.11 เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่เป็นที่ยอมรับในการวิจัยเกี่ยวกับการหาค่าคำตอบกันเป็นอย่างมาก

บทที่ 4

กรณีศึกษาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาตำแหน่งของลานเทปาล์มน้ำมัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาตำแหน่งของลานเทปาล์มน้ำมัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้โดยนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับปัญหาจริงเพื่อที่จะทำการลดค่าใช้จ่ายในการหาตำแหน่งของลานเทปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมตามลำดับขั้นตอนในหัวข้อดังต่อไปนี้

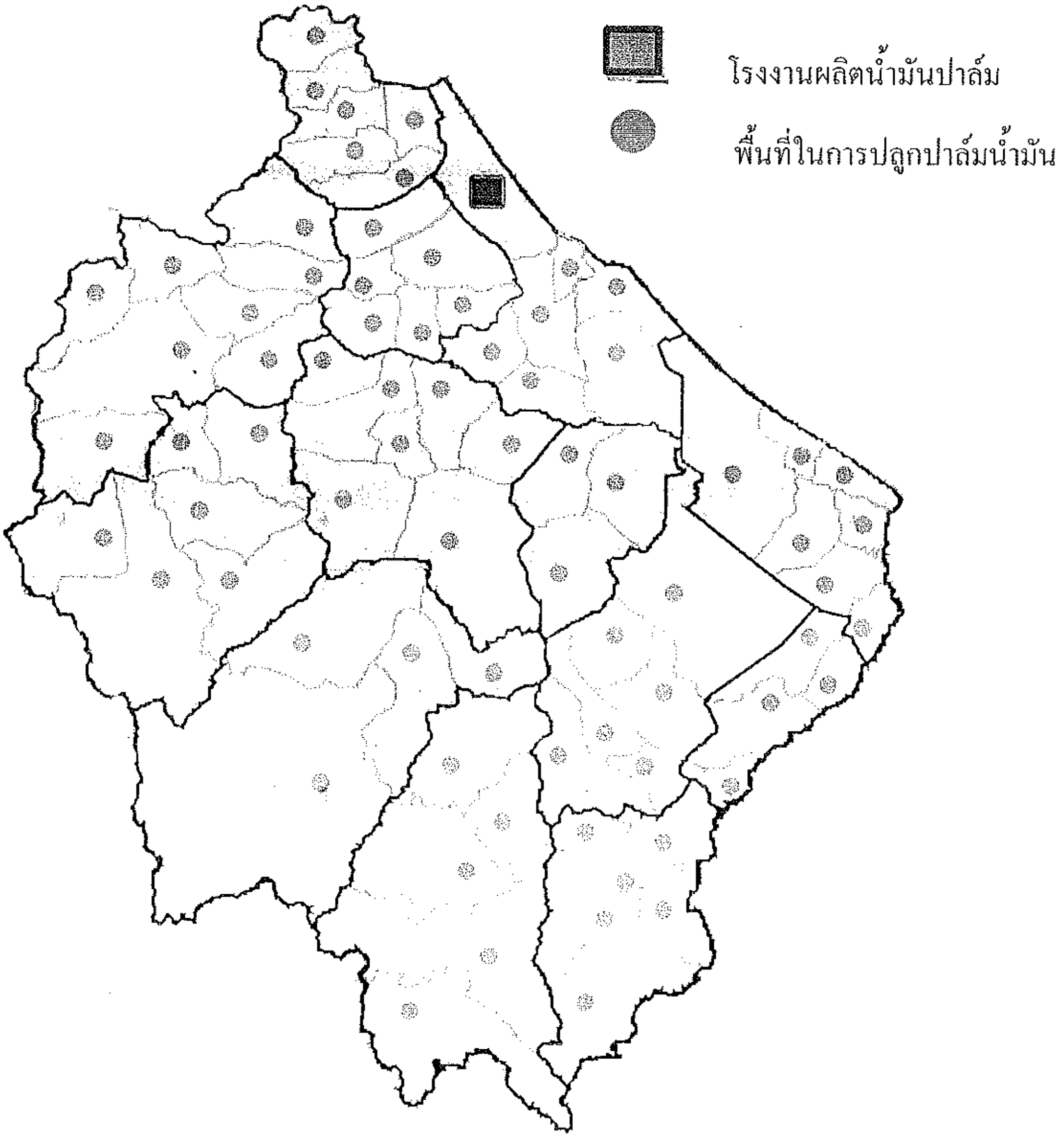
4.1 กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

ทางกรมส่งเสริมสหกรณ์ และกรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้รับนโยบายในการกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มโดยการผลักดันสู่เกษตรกรที่มีความสนใจและมุ่งสู่การพัฒนาพื้นใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ตามโครงการส่งเสริมการดำเนินธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดนราธิวาสโดยได้ส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นพืชทดแทนพลังงานโดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มจำนวน 85,000 ไร่ ในพื้นที่พรุและนาร้างซึ่งครอบคลุมพื้นที่ใน 77 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสเพื่อรองรับการก่อสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในเขตนิคมสหกรณ์บาเจาะ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองนราธิวาส (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)

ในงานวิจัยนี้กำหนดให้วัตถุดิบสำหรับลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเป็นปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้จากแหล่งปลูกในพื้นที่ดังกล่าวข้างต้นดังแสดงในตารางที่ 1 ข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันแบ่งออกเป็นสามส่วนได้แก่ (1) ข้อมูลด้านต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (2) ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และ (3) ข้อมูลด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่ง โดยข้อมูลทั้งสามส่วนผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่หาข้อมูลจริงจากหลายหน่วยงานราชการในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสที่มีส่วนเกี่ยวข้องและศึกษาจากงานวิจัย ของ (นัทธพงศ์ นันทสำเริง, 2552) ที่ได้ศึกษาปัญหาเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบชานอ้อยแบบหลายวัตถุประสงค์

ตารางที่ 4.1 ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้จากแหล่งปลูก (กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)

ลำดับที่	**แหล่งปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส**	**ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมัน (ตันต่อวัน)**
1	ตำบลบางนาค	2.65
2	ตำบลลำภู	3.56
3	ตำบลมะนังตะยอ	0.058
4	ตำบลบางปอ	1.97
...	....	....
73	ตำบลร่มไทร	0
74	ตำบลจะแนะ	0.438
75	ตำบลดุซงญอ	0.002
76	ตำบลผดุงมาตร	0
77	ตำบลช้างเผือก	0.102
	รวม	**223.569**



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (ปรุพห์ มะยะเฉี่ยว, 2555)

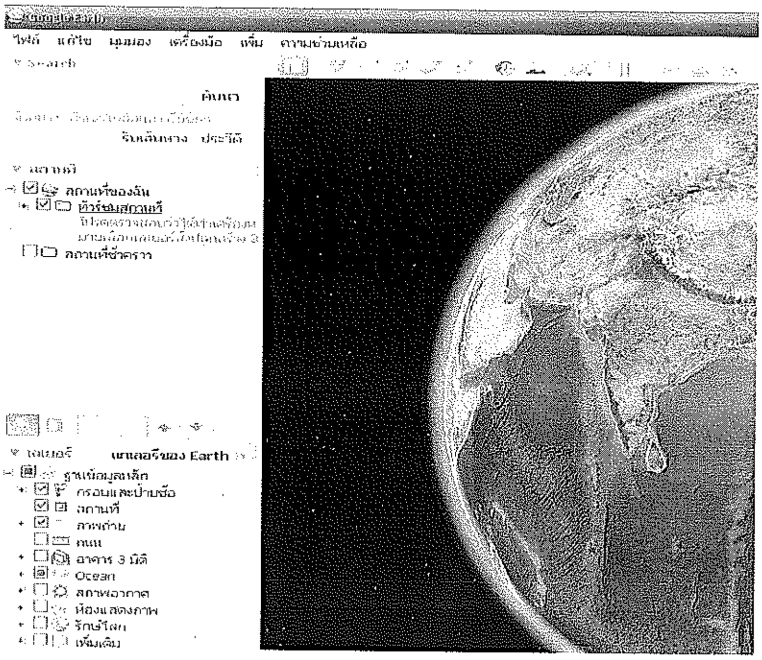
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้แบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้ดังต่อไปนี้

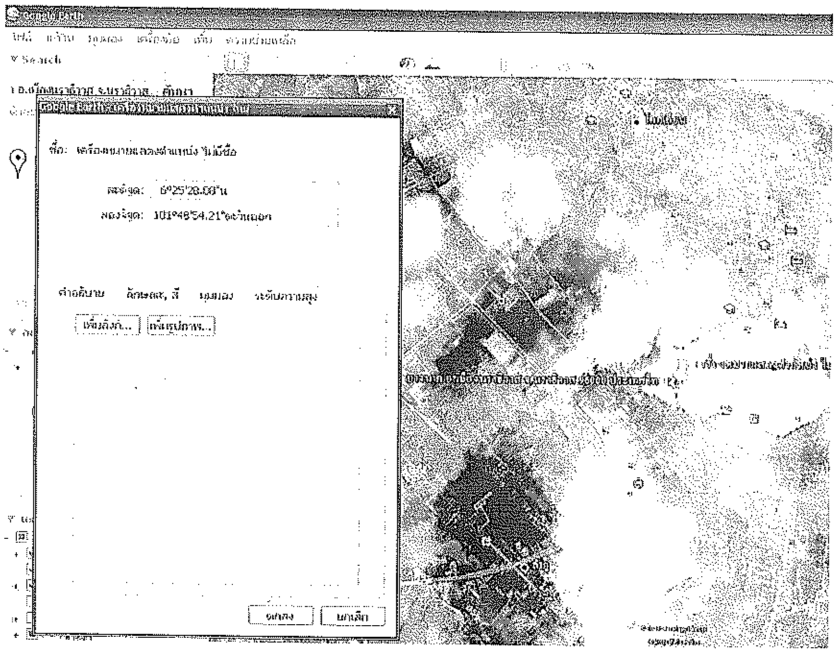
4.2.1 ข้อมูลต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ระยะทางระหว่างลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบต่อไปใน

การหาระยะทางของลานเทปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันอื่นๆ จำนวน 77 ตำบล โดยหาได้จากข้อมูลที่ตั้งของลานเทปาล์มน้ำมันมาหาตำแหน่งพิกัด X, Y โดยใช้โปรแกรม Google Earth และโปรแกรม Arc view 3.2a ดังแสดงในภาพที่ 4.2 และ 4.3 โดยได้ผลดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 แล้วนำมาทำการคำนวณหาระยะทางจากจุดไปจุดแล้วนำไปหาระยะทางทั้งหมดดังตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.2 การใช้โปรแกรม Google Earth ในการหาตำแหน่งระยะพิกัด X, Y



ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งละติจูด ลองติจูด ในการหาระยะพิกัด X, Y โดยใช้โปรแกรม Google Earth

ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งพิกัด X,Y แหล่งปลูกปาล์มน้ำมัน

ตำบลที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน	**พิกัด X**	**พิกัด Y**
1. ตำบลบางนาค	666.76928	11212.52531
2. ตำบลลำภู	666.69337	11212.46733
3. ตำบลมะนังตะยอ	666.66804	11212.39027
4. ตำบลบางปอ	666.55537	11212.48744
5. ตำบลกะลุวอ	666.65559	11212.55136
…………………	………….	…………….
75. ตำบลดุซงญอ	666.1729	11212.36674
76. ตำบลผดุงมาตร	556.8051	11212.04344
77. ตำบลช้างเผือก	666.87474	11212.44118

ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งระยะทางจากลานเทปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

ตำบลที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน	**ระยะทางจากลานเทปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม**
1. ตำบลบางนาค	0.134899
2. ตำบลลำภู	0.183238
3. ตำบลมะนังตะยอ	0.212875
4. ตำบลบางปอ	0.322699
5. ตำบลกะลุวอ	0.24528
…………………	…………….
75. ตำบลดุซงญอ	0.6081
76. ตำบลผดุงมาตร	0.705768
77. ตำบลช้างเผือก	110.0704

ตารางที่ 4.4 การหาระยะทางการขนระหว่างแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน

ตำบล	D1	D2	D3	D4	D....	D74	D75	D76	D77
D1	0.0000	0.0955	0.1688	0.2172	....	0.5938	0.5441	0.6171	109.9652
D2	0.0955	0.0000	0.0811	0.1395	....	0.5009	0.4497	0.5301	109.8891
D3	0.1688	0.0811	0.0000	0.1488	....	0.4523	0.3958	0.4957	109.8635
D4	0.2172	0.1395	0.1488	0.0000	....	0.3877	0.3462	0.4011	109.7512
D...	....	....	....	....	....	....	....	....	....
D74	0.5938	0.5009	0.4523	0.3877	....	0.0000	0.0658	0.1073	109.4255
D75	0.5441	0.4497	0.3958	0.3462	....	0.0658	0.0000	0.1615	109.4893
D76	0.6171	0.5301	0.4957	0.4011	....	0.1073	0.1615	0.0000	109.3683
D77	109.9652	109.8891	109.8635	109.7512	....	109.4255	109.4893	109.3683	0.0000

เมื่อได้ระยะทางการขนระหว่างแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวของจากนั้นผู้วิจัยได้ข้อมูลมาทดสอบตามตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เพื่อให้ได้ลานเทปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยคิดถึงต้นทุนด้านระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ ต้นทุนด้านวัตถุดิบซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบและราคาวัตถุดิบ ต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาสิ่งปลูกสร้างที่ขึ้นอยู่กับขนาดของลานเทปาล์มที่จะเปิด ต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาการลงทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับขนาดของลานเทปาล์มที่จะเปิดโดยผู้วิจัยได้พิจารณาตามตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นตามหัวข้อ 4.3

4.2.2 ข้อมูลด้านความปลอดภัย

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบกรณีมีการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่งจากแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันที่จะส่งไปยังลานเทปาล์มที่จะเปิด และจากลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยหาข้อมูลมาจากสำนักงานสถิติข้อมูลประชากรในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสซึ่งมีหน่วยเป็น(ประชากร/ตร.กม) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ส่วนตารางที่ 4.6 คือ ความน่าจะเป็นในการเกิดระเบิดในแต่ละเส้นทางการขนส่งหาได้จากจำนวนครั้งในการเกิดระเบิดในเส้นทางการขนส่งแต่ละตำบลรวมกันแล้วหารด้วยผลรวมของจำนวนครั้งในการเกิดระเบิดทั้งหมดในเส้นทางการขนส่งแต่ละเส้นทางดังนั้นข้อมูลด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจำนวนประชากรต่อพื้นที่ซึ่งจะได้รับผลกระทบในเส้นทางการขนส่งและความน่าจะเป็นในการเกิดระเบิดในแต่ละเส้นทางการขนส่งโดยทั้ง 2 ตาราง

จะใช้เพื่อคำนวณหาค่าตามสมการเป้าหมายในด้านการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่ง โดยผู้วิจัยได้พิจารณาตามตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นตามหัวข้อ 4.3

ตารางที่ 4.5 จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อพื้นที่จากแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิด

จำนวนประชากร	P1	P2	P3	P4	P...	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
P....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
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

ตารางที่ 4.6 ความน่าจะเป็นที่เกิดระเบิดระหว่างแหล่งเพาะปลูกไปยังลานเทปาล์มที่เปิด

ความน่าจะเป็น	R1	R2	R3	R4	R...	R74	R75	R76	R77
R1	0.004	0.011	0.004	0.015	....	0.010	0.010	0.011	0.011
R2	0.016	0.004	0.016	0.010	....	0.009	0.009	0.010	0.011
R3	0.004	0.011	0.004	0.007	....	0.009	0.009	0.010	0.011
R4	0.015	0.004	0.015	0.009	....	0.009	0.009	0.010	0.011
R....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
R74	0.009	0.009	0.009	0.023	....	0.001	0.001	0.001	0.003
R75	0.009	0.009	0.009	0.023	....	0.001	0.005	0.001	0.002
R76	0.008	0.008	0.008	0.019	....	0.001	0.001	0.001	0.003
R77	0.009	0.009	0.009	0.023	....	0.001	0.005	0.001	0.002

4.2.3 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม

การคำนวณต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยของ นันธพงศ์ นันทสำเริง และคณะ (2551) โดยอ้างถึง emission factor ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับการขนส่งที่มีค่าเท่ากับ 0.1454 บาท / ตัน / กิโลเมตร ที่ปล่อยออกจากกระบวนการในการขนส่งวัตถุดิบที่เกิดจากการการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งวัตถุดิบในเส้นทางจากแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันไปยังลาน

เทปาล์มที่จะเปิดและจากลานเทปาล์มที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มคูณกับระยะทางในการขนส่งดังตารางที่ 4.4 โดยผู้วิจัยได้พิจารณาตามตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นตามหัวข้อ 4.2

4.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ตัวแบบทาง คณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นเป้าหมายและเงื่อนไขต่างๆ และครอบคลุมไปถึงนิยามของดัชนีที่ใช้ ตัวแปรต่างๆสมมติฐานที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งคำอธิบายในแต่ละเงื่อนไข เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะเฉพาะของการเลือกทำเลที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมัน ซึ่งจะทำให้สามารถนำตัวแบบที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาคำตอบได้ต่อไป

4.3.1 ดัชนี

i คือ พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

j คือ ลานเทปาล์มที่จะเปิด

k คือ โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

4.3.2 ตัวแปรตัดสินใจ

n_{ij} คือ ปริมาณปาล์มน้ำมันที่ขนส่งจากแหล่งเพาะปลูก ปาล์ม (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j)

C_{jk} คือ ปริมาณปาล์มน้ำมันที่ขนส่งจากลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ ถ้า (i) ส่งวัตถุดิบไปยังลานเทปาล์ม } j \\ 0 \text{ หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \qquad \forall_i \forall_j$$

$$z_j = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าลานเทปาล์ม } j \text{ เปิด} \\ 0 \text{ หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \qquad \forall_j$$

$$r_{jk} = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าลานเทปาล์ม } j \text{ ส่งปาล์มให้กับโรงงาน } k \\ 0 \text{ หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \qquad \forall_j \forall_k$$

4.3.3 พารามิเตอร์

m คือ ราคาปาล์มน้ำมัน ที่รับซื้อจากเกษตรกร (บาท/ตัน)

Q คือ ราคาปาล์มน้ำมัน ที่ส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (บาท/ตัน)

α คือ อัตราส่วนการใช้พื้นที่ต่อตัน (ไร่/ตัน)

f คือ emission factor ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับการขนส่งระหว่างแหล่งเพาะปลูก (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j) และลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

g คือ รัศมีของแรงระเบิดที่มีผลกระทบต่อประชากรโดยใช้สูตร πr^2

d_{ij} คือ ระยะทางการขนส่ง ระหว่างแหล่งเพาะปลูก (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j)

DD_{jk} คือ ระยะทางการขนส่ง ระหว่างลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

L_j คือ ราคาที่ดินของลานเทปาล์มที่จะเปิด (j) (บาท/ไร่)

CE_j คือ ราคาในการปรับพื้นที่ลานเทปาล์มที่จะเปิด (j) (บาท /ไร่)

CF_j คือ ราคาค่าใช้จ่ายส่วนอื่น ๆ ในการเปิดลานเทปาล์ม (j) (บาท)

R_{ij} คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดการระเบิดระหว่างแหล่งเพาะปลูก (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j)

RR_{jk} คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดการระเบิดระหว่างลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

POP_{ij} คือ ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยในแถบเส้นทางการขนส่ง ระหว่างแหล่งเพาะปลูก (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j) ที่เสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

PPO_{jk} คือ ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยในแถบ เส้นทางการขนส่งระหว่างลานเทปาล์ม (j)ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k) ที่เสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

NN_j คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดการระเบิด ณ ลานเทปาล์ม (j) ที่เปิด

PP_j คือ ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย ณ ลานเทปาล์ม (j) ที่สามารถเปิดและเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

PA_i คือ จำนวนของผลปาล์มน้ำมันที่มีอยู่ในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

Cap k คือ ความจุของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

4.3.4 สมการเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic objectives)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} d_{ij}y_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} DD_{jk}r_{jk} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} mn_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} QC_{jk} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} n_{ij}\alpha L_j Z_j + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} n_{ij}\alpha CE_j Z_j + \sum_{j=1}^{J} Z_j CF_j \tag{4.1}$$

4.3.5 สมการเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม (Environment objectives)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} fn_{ij}d_{ij}y_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} fc_{jk}DD_{jk}r_{jk} \tag{4.2}$$

4.3.6 สมการเป้าหมายด้านการก่อวินาศกรรม (Sabotage objectives)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} R_{ij}\, g\, PoP_{ij}y_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} RR_{jk}gPPO_{jk}r_{jk} + \sum_{j=1}^{J} NN_j PP_j g Z_j \tag{4.3}$$

4.3.7 สมการขอบข่าย (Constraints)

Subject to;

$$\sum_{j=1}^{J} n_{ij} = PA_i \qquad \forall_i \tag{4.4}$$

$$\sum_{i=1}^{I} n_{ij}y_{ij} \le Capacity_j \qquad \forall_j \tag{4.5}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ ถ้า (i) ส่งวัตถุดิบไปยังลานเทปาล์ม j} \\ 0 \text{ หากเป็น อย่างอื่น} \end{cases} \qquad \forall_i \forall_j \tag{4.6}$$

$$\sum_{j=1}^{J} y_{ij} \geq 1 \qquad \forall_i \tag{4.7}$$

$$z_j = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าลานเทปาล์ม j เปิด} \\ 0 \text{ หากเป็นอย่างอื่น} \quad \forall_j \end{cases} \tag{4.8}$$

$$y_{ij} \leq z_j \qquad \forall_i \forall_j \tag{4.9}$$

$$\sum_{j=1}^{J} z_j \geq 1 \tag{4.10}$$

$$\sum_{i=1}^{I} n_{ij} y_{ij} = \sum_{k=1}^{K} ETBD_{jk} \qquad \forall_j \tag{4.11}$$

$$\sum_{j=1}^{J} ETBD_{jk} \leq \text{Cap } k \tag{4.12}$$

สมการเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์ที่ 4.1 ประกอบด้วย 7 พจน์ คือ พจน์ที่ (1) และพจน์ที่ (2) เป็นต้นทุนด้านระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ พจน์ที่ (3) และพจน์ที่ (4) เป็นต้นทุนด้านวัตถุดิบซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบและราคาวัตถุดิบ พจน์ที่ (5) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาที่ดินในการเปิดลานเทปาล์ม พจน์ที่ (6) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาสิ่งปลูกสร้างที่ขึ้นอยู่กับขนาดของลานเทปาล์มที่จะเปิด พจน์ที่ (7) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาการลงทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับขนาดของลานเทปาล์มที่จะเปิด

สมการเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่ 4.2 จะอ้างอิงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากกระบวนการในการขนส่งวัตถุดิบซึ่งประกอบด้วยสมการ 2 พจน์ คือ พจน์ที่ (1) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งวัตถุดิบปริมาณ n ผ่าน

เส้นทาง (i, j) พจน์ที่ (2) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งวัตถุดิบปริมาณ n ผ่านเส้นทาง (j, k)

สำหรับสมการเป้าหมายด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมที่ 4.3 ในเส้นทางการขนส่งจากจะประกอบด้วยกัน 3 พจน์ คือ พจน์ที่ (1) เป็นต้นทุนด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่ง (i, j) พจน์ที่ (2) เป็นต้นทุนด้านความปลอดภัยในในการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่ง (j, k) พจน์ที่ (3) เป็นต้นทุนด้านความปลอดภัยในในการก่อวินาศกรรม ณ ลานเทปาล์มที่จะทำการเปิด (j) ดังนั้นสมการด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจำนวนประชากรต่อพื้นที่ซึ่งจะได้รับผลกระทบในเส้นทางการขนส่งและจำนวนครั้งที่เกิดระเบิดเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยง

พจน์ขอบข่ายที่ (4.4) เป็นข้อจำกัดสมดุลมวลที่มีปริมาณวัตถุดิบจากแหล่งปลูก i จะต้องสมดุลกับปริมาณของวัตถุดิบจาก i ไป j พจน์ขอบข่ายที่ (4.5) ระบุว่าปริมาณวัตถุดิบ i จะถูกส่งไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน j ต้องไม่เกินความจุที่ลานเทปาล์มน้ำมัน j รับได้ พจน์ขอบข่ายที่ (4.6 และ 4.7) เป็นตัวแปรตัดสินใจว่าแหล่งวัตถุดิบจะส่งวัตถุดิบให้ลานเทปาล์มที่จะเปิดโดยจะส่งไปกี่รอบก็ได้ พจน์ขอบข่ายที่ (4.8) เป็นตัวแปรตัดสินใจว่าจะเปิดลานเทปาล์ม j หรือไม่ พจน์ขอบข่ายที่ (4.9) ถ้ามีการเปิดลานเทปาล์ม j จะต้องมีการส่งปาล์มน้ำมันมายังลานเทปาล์ม j ที่เปิด พจน์ขอบข่ายที่ (4.10) ลานเทปาล์ม j ที่เปิดจะต้องมากกว่า 1ลานเทปาล์มขึ้นไป พจน์ขอบข่ายที่ (4.11) ปริมาณปาล์มน้ำมัน ณ ลานเทปาล์ม j ที่เปิดจะถูกส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม k ทั้งหมด พจน์ขอบข่าย (4.12) เป็นตัวแปรตัดสินใจว่าวัตถุดิบจากลานเทปาล์ม (j) ถูกส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k) ต้องไม่เกินกำลังของโรงงานที่รับได้

4.4 ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาประมวลผลและได้ทำการหาคำตอบจากตัวแบบทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นด้วย LINGO V.11 เพื่อทำการวิเคราะห์และทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นซึ่งนำมาพิจารณาถึงศักยภาพของตำแหน่งที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันโดยจากกรณีศึกษาจริงจะต้องใช้ข้อมูลใน 77 ตำบลในจังหวัดนราธิวาสใช้ปริมาณข้อมูลที่มากพอสมควรและไม่สามารถหาคำตอบในเวลาอันพอควรซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า 720 ชั่วโมงที่ใช้เวลาในการหาคำตอบมากพอควรผู้วิจัย จึงเห็นสมควรทดสอบปัญหากับข้อมูลเพียง 2 อำเภอ ซึ่งประกอบด้วย 10 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสดังต่อไปนี้ ตำบลบางนาค ตำบลลำภู ตำบลมะนังตะยอ ตำบลบางปอ ตำบลกะลุวอ ตำบลกะลุวอเหนือ ตำบลโคกเคียน ตำบลเจ๊ะเห ตำบลไพรวัน และตำบลพร่อน

โดยใช้โปรแกรม Lingo V.11 กับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นโดยการประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลแบบ Intel(R) core(TM) 2 Duo CPU 2.00 GHzs หน่วยความจำ (RAM) 888 MB เมื่อทำการทดลองประมวลผลแล้ว พบว่า การให้น้ำหนักกับสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ ที่ต่างกันจะส่งผลให้พื้นที่ที่จะทำการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน โดยหากให้น้ำหนักในด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐ์ศาสตร์มากกว่าปัจจัยอื่นจะพบว่า พื้นที่ตั้งในตำบลโคกเคียน และตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาสมีศักยภาพที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันได้และทั้งยังให้ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เท่ากัน ในทางกลับกันหากให้น้ำหนักกับสมการวัตถุประสงค์ด้านความเสี่ยงต่อความปลอดภัยจากการก่อวินาศกรรมบนเส้นทางขนส่ง จะพบว่า ลานเทปาล์มที่จะเปิดควรอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวจะเห็นได้ว่าลานเทปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มที่จะเปิดในตำแหน่งของตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาสมากที่สุด กล่าวคือเมื่อมีการเปลี่ยนน้ำหนักของสมการวัตถุประสงค์ใน15 กรณี พบว่า ตำบลโคกเคียน มีศักยภาพที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันมากถึง 15 กรณีหรือมีโอกาสถึง 100 % ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันดังกล่าวอยู่ในทำเลที่ตั้งใกล้กับสถานที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มซึ่งทำให้การขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นวัตถุดิบมีต้นทุนที่ไม่สูงนักเมื่อเทียบกับการเปิดลานเทปาล์มน้ำมันในตำแหน่งอื่นๆ และยังส่งผลกระทบในสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าในระยะทางขนส่งไกลๆ อีกด้วย ดังแสดงผลในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ

กรณีที่	ECO	ENV	SAB	ตำแหน่งลานเทปาล์มที่ควรเปิด*	จำนวนลานเทปาล์มที่เปิด	ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์	หน่วย
1	10	10	80	7,8	2	13.969	ล้านบาท
2	20	20	60	7,8	2	13.965	ล้านบาท
3	30	30	40	7,8	2	13.965	ล้านบาท
4	40	40	20	7,9	2	13.964	ล้านบาท
5	50	50	0	5,7	2	13.964	ล้านบาท
6	80	10	10	7,9	2	13.964	ล้านบาท
7	60	20	20	7,9	2	13.964	ล้านบาท
8	40	30	30	7,9	2	13.964	ล้านบาท
9	0	50	50	7,8	2	13.965	ล้านบาท
10	20	40	40	7,8	2	13.965	ล้านบาท
11	50	0	50	7,8	2	13.965	ล้านบาท

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ (ต่อ)

กรณีที่	ECO	ENV	SAB	ตำแหน่งลานเทปาล์มที่ควรเปิด*	จำนวนลานเทปาล์มที่เปิด	ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์	หน่วย
12	30	40	30	7,9	2	13.964	ล้านบาท
13	10	80	10	7,9	2	13.964	ล้านบาท
14	20	60	20	7,9	2	13.964	ล้านบาท
15	40	20	40	7,8	2	13.965	ล้านบาท

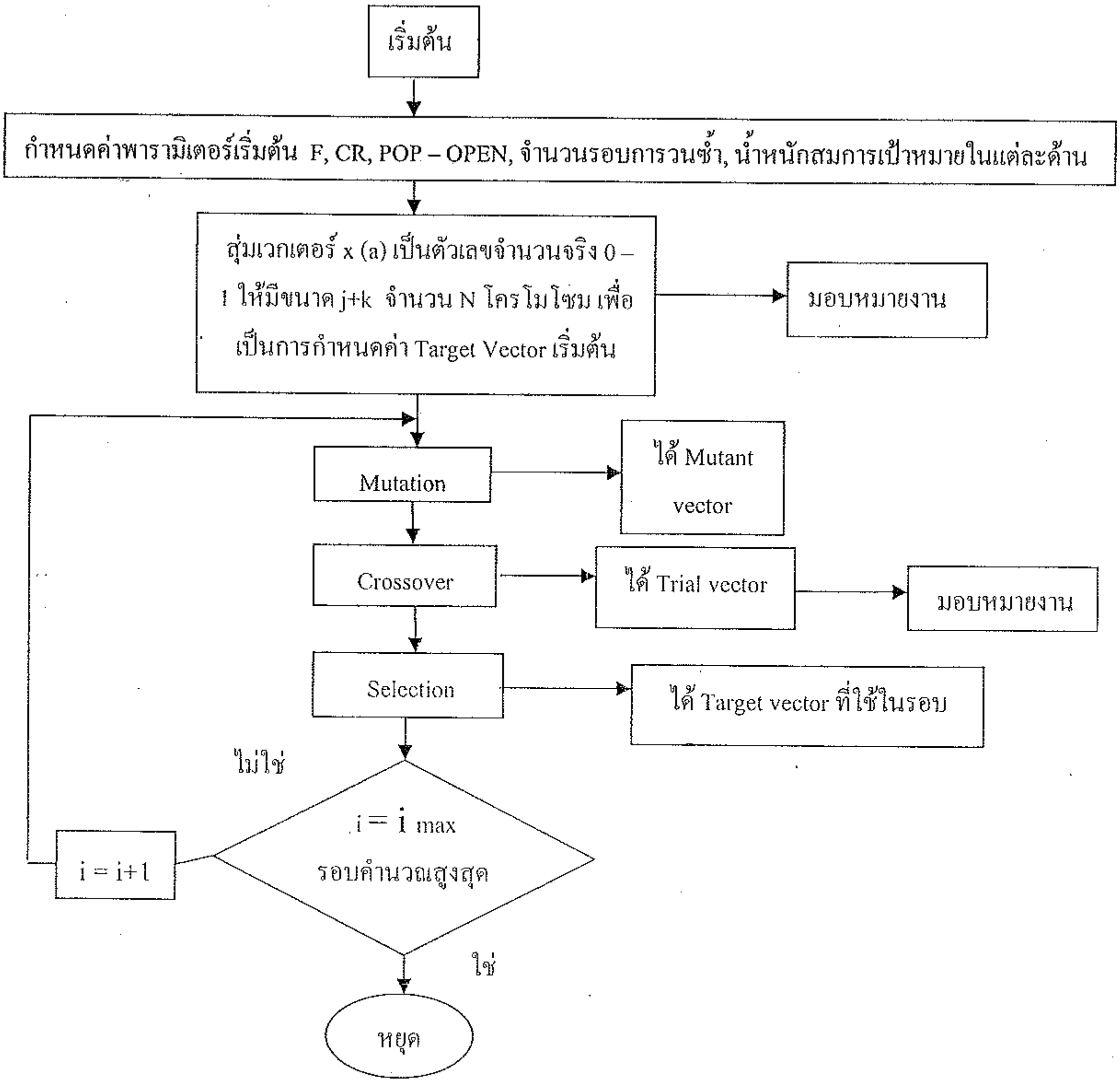
จากผลการทดสอบตัวแบบคณิตศาสตร์การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาประมวลผลและได้ทำการหาคำตอบจากตัวแบบทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นด้วย LINGO V.11 กับข้อมูลเพียง 2 อำเภอ ซึ่งประกอบด้วย 10 ตำบลของจังหวัดนราธิวาสดังต่อไปนี้ ตำบลบางนาค ตำบลลำภู ตำบลมะนังตะยอ ตำบลบางปอ ตำบลกะลุวอ ตำบลกะลุวอเหนือ ตำบลโคกเคียน ตำบลเจ๊ะเห ตำบลไพรวัน และตำบลพร่อนแล้วพบว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นสามารถหาคำตอบในระยะเวลาที่เหมาะสม แต่ถ้ามีการขยายข้อมูลมากขึ้นก็จะส่งผลให้การหาคำตอบต้องใช้เวลามากกว่า 1 อาทิตย์ ดังนั้นจึงเห็นสมควรจะได้มีการพัฒนาระบบฮิวริสติก (Heuristic Method) โดยการนำกระบวนการวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยโดยใช้โปรแกรม Visual Basic C++ มาใช้ในการประมวลผลของคำตอบเพื่อใช้ในการเปรียบผลการหาคำตอบ กับผลของคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11กับการจำลองปัญหาขึ้นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งจะแบ่งเป็นชุดปัญหาและจากข้อมูลจริงในกรณีศึกษาโดยแสดงผลไว้ในบทที่ 5 ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลาง Inter (R) Core (TM) 2Dou CPU 2.00GHz หน่วยความจำ 888 MB เพื่อที่จะรองรับกับวิธีการคำนวณหาที่ตั้ง ดังเช่น การเลือกทำเลที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันเพื่อป้อนโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ในงานวิจัยต่อไป

บทที่ 5
วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)

ผู้วิจัยได้ทดลองแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงในบทที่ 4 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 จากการทดลองประมวลผลใช้เวลานานกว่า 720 ชั่วโมง พบว่าคอมพิวเตอร์ไม่สามารถประมวลผลหาคำตอบได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++ ในการประมวลผลของการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยจะทำการทดสอบกับตัวอย่างปัญหาในการเปรียบความแม่นยำกับวิธีการที่พัฒนาขึ้น

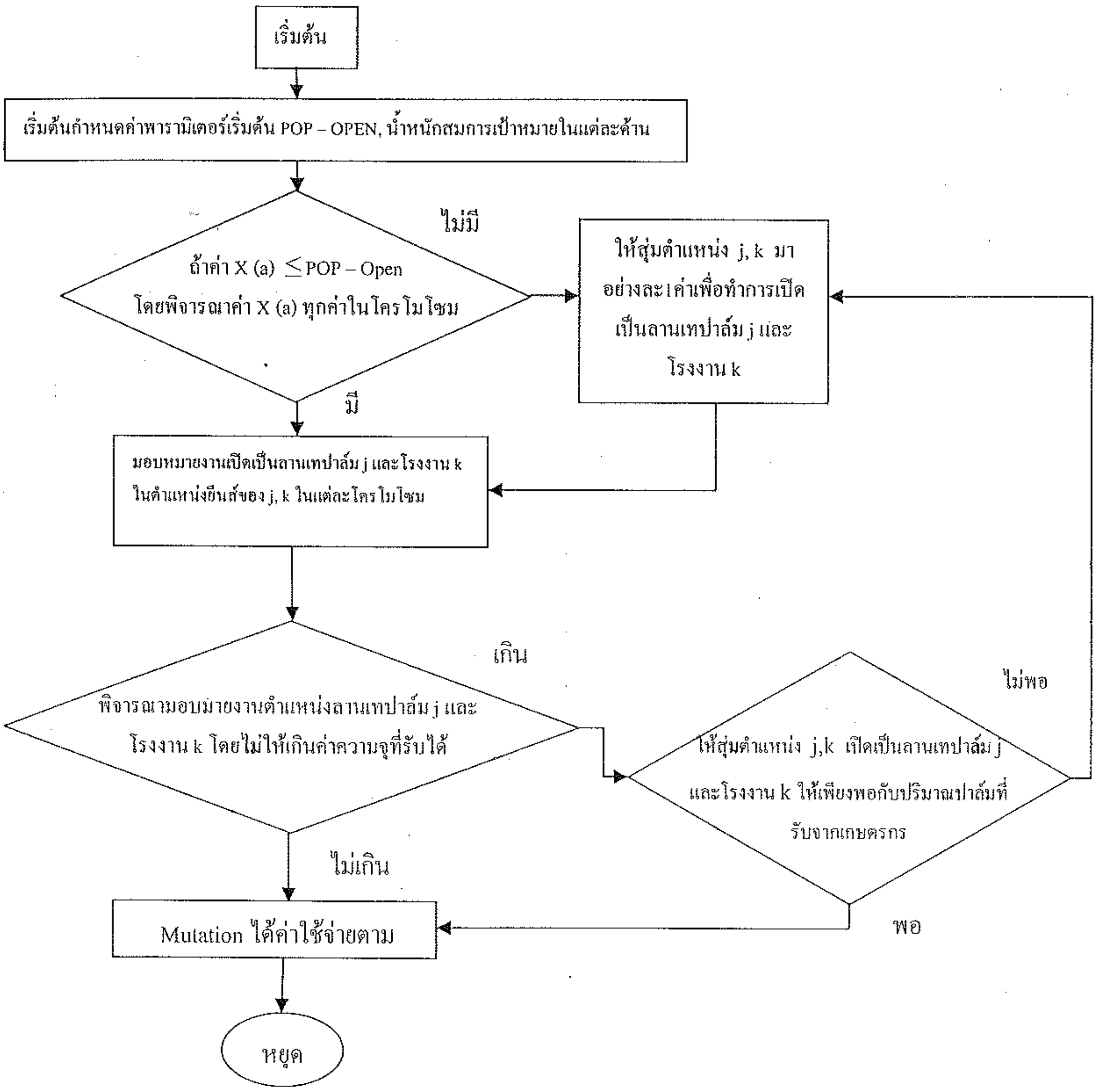
5.1 วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาในงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในงานวิจัย เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถให้คำตอบที่ดีและเวลาในการหาคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการประยุกต์ไว้ดังแสดงในภาพที่ 5.1 โดยในกระบวนการนำวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย ได้ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++ มาใช้ในการหาคำตอบเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคำตอบ กับการจำลองปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ โดยใช้คอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลาง Inter (R) Core (TM) 2Dou CPU 2.00GHz หน่วยความจำ 888 MB



ภาพที่ 5.1 อัลกอริทึมการค้นหาคำตอบของวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ในงานวิจัย

จากภาพที่ 5.1 กำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้น ค่า F คือ Weighting Factor ในการรบกวนคำตอบในกระบวนการ mutation มีค่าระหว่าง (0-2) ในงานวิจัยนี้เบื้องต้นใช้ค่า F= 2, Cr คือ ค่าคงที่ในการเปรียบเทียบในกระบวนการ crossover มีค่าตั้งแต่ (0-1) ในงานวิจัยนี้เบื้องต้นใช้ค่า Cr = 0.8, POP – OPEN คือโอกาสที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน (j) และโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k) ในงานวิจัยนี้เบื้องต้นได้กำหนดไว้ที่ 0.2, น้ำหนักในสมการเป้าหมายในด้านต่างๆ แล้วทำการสุ่มค่า X (a) เป็นตัวเลขจำนวนจริง 0 – 1 ให้มีขนาด j + k จำนวน N โครโมโซม เพื่อเป็นการกำหนดค่า Target Vector เริ่มต้น แล้วทำการมอบหมายงาน ก็จะเข้าสู่กระบวนการกระบวนการ Mutation ตามหัวข้อ 5.3 จะได้ Mutant Vector เพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับ ค่า CRในกระบวนการ Recombination ตามหัวข้อ 5.4 หลังจากผ่านกระบวนการ Recombination แล้วก็จะได้ Trial Vector ($U_{ji,G+1}$) แล้วทำการมอบหมายงานในลำดับต่อไป แล้วก็เข้าสู่กระบวนการ Selection ตามหัวข้อ 5.5โดยการเปรียบเทียบผลของสมการเป้าหมายของ Target Vector กับ Trial Vector จะได้ Target Vector กับเป็นประชากรเริ่มต้นในรุ่นถัดไปดำเนินการซ้ำในทุกโครโมโซมตามกระบวนการ Mutation process Recombination process และ Selection process จนครบตามความต้องการ (I = I max) เมื่อทำการวนซ้ำจนได้คำตอบแล้วให้ถือว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดดังได้แสดงในผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และปัญหาจริงในกรณีศึกษา



ภาพที่ 5.2 กระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้น

จากภาพที่ 5.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น POP – OPEN คือโอกาสที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน (j) และโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k) ในงานวิจัยนี้เบื้องต้นได้กำหนดไว้ที่ 0.2, น้ำหนักในสมการเป้าหมายในด้านต่างๆ แล้วพิจารณา ถ้าค่า X(a) ที่สุ่มมาได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ POP – OPEN ถ้ามีก็จะเปิดเป็นลานเทปาล์ม j และโรงงาน k ในตำแหน่งยีนส์ของ j, k ในแต่ละโครโมโซม ถ้าไม่มีให้สุ่มตำแหน่งมาอย่างละ 1 ค่าเพื่อทำการเปิดเป็นลานเทปาล์ม j และโรงงาน k แล้วจึงพิจารณามอบหมายงานตำแหน่งลานเทปาล์ม j และโรงงาน k โดยไม่เกินค่าความจุที่รับได้ ถ้าไม่เกินคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุนตามสมการเป้าหมาย แต่ถ้าเกินค่าความจุให้สุ่มตำแหน่ง j, k เพื่อ

เปิดเป็นลานเทปาล์ม j และโรงงาน k ให้เพียงพอกับปริมาณปาล์มที่รับจากเกษตรกร ถ้าเพียงพอก็คำนวณค่าใช้จ่ายแต่ ถ้าไม่พอให้สุ่มตำแหน่งมาอย่างละ 1 ค่าเพื่อทำการเปิดเป็นลานเทปาล์ม j และโรงงาน k

5.2 กระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้นของวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution (DE)

ในกระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการสุ่มตัวเลขที่มีค่าระหว่าง 0 – 1 ให้กับแต่ละเกษตรกรและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ตัวอย่างเช่นเกษตรกรและลานเทปาล์มในตำแหน่งที่ 1-5 ส่วนในตำแหน่งที่ 6 และ 7 เป็นโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม จากนั้นพิจารณาตัวเลขสุ่มที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ POP-OPEN = 0.2 หรือไม่หากน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มซึ่งจะให้มีค่าเป็น 1 และถ้ามากกว่า 0.2 จะไม่เปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มซึ่งจะให้มีค่าเป็น 0 ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การสร้างโครโมโซมในการเลือกเปิดลานเทปาล์มน้ำมัน

ตำแหน่งเกษตรกรและลานเทปาล์ม	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
ตัวเลขสุ่มลำดับเกษตรกรและลานเทปาล์ม	0.5	0.1	0.2	0.4	0.7	0.2	0.1
ลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิด	0	1	1	0	0	1	1

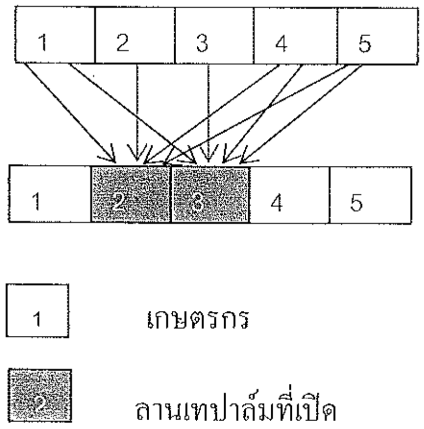
จากตารางที่ 5.1 เกษตรกรที่เปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันคือ เกษตรกร 2 และ 3 ส่วนในตำแหน่งที่ 6 และ 7 เปิดเป็นโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มต่อจากนั้นจะพิจารณาการส่งปาล์มน้ำมันของเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดดังนี้ 1ส่งไป 2, 1 ส่งไป 3, 4 ส่งไป 2, 4 ส่งไป 3, 5 ส่งไป 2, 5 ส่งไป 3 ส่วนเกษตรกรที่เปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันเองก็จะส่งปาล์มน้ำมันให้กับตัวเองซึ่งจะได้ผลดังนี้ 2 ส่งให้ 2 และ 3 ส่งให้ 3 ดังภาพที่ 5.2 โดยในการจัดส่งของแต่ละเกษตรกรจะมีได้ค่าใช้จ่ายในการส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดดังภาพที่ 5.3 และพิจารณาดูค่าความจุของลานเทปาล์มน้ำมันที่ทำการเปิดดังตารางที่ 5.2 ซึ่งในที่นี้ลานเทปาลึมน้ำมันที่ 2 มีความจุ 80 และ

ลานเทปาล์มน้ำมันที่ 3 มีค่าความจุ 60 ส่วนการส่งปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มนั้นได้แสดงไว้ดังภาพที่ 5.4

ตารางที่ 5.2 การส่งในรูปแบบของ DE

ตำแหน่งของลานเทปาล์มที่เปิด	**2**			**3**	
ตำแหน่งของเกษตรกร	2	4	5	3	1
ปริมาณปาล์มน้ำมัน	35	25	20	30	30
ผลรวมของปริมาณปาล์มน้ำมัน	80			60	

ถ้ากรณีที่ลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดมีการจัดส่งจนเต็มค่าความจุของลานเทปาล์มที่รับได้ก็จะทำการสุ่มโครโมโซมใหม่เพื่อทำการเลือกลานเทปาล์มที่เหมาะสมและใกล้เคียง ลานเทปาล์มที่ถูกเปิดใหม่จะทำการส่งปาล์มน้ำมันจนครบจำนวนเกษตรกรจัดส่งมายังลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิด



ภาพที่ 5.3 การส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มที่เปิด

เส้นทา	ค่าใช้จ่า
1 ไป 2	150
1ไป 3	87
2ไป 2	0
3ไป 3	0
4ไป 2	65
4ไป 3	95
5ไป 2	90
5ไป 3	120

เรียงค่าใช้จ่าย
จากน้อยไปหา

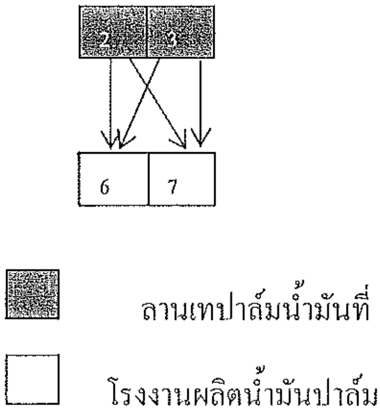
✓ ส่ง

✗ ไม่ส่ง

เส้นทา	พิจารณาการ	ค่าใช้จ่าย
2 ไป 2	✓	0
3 ไป 3	✓	0
4 ไป 2	✓	65
1 ไป 3	✓	87
5 ไป 2	✓	90
4 ไป 3	✗	95
5 ไป 3	✗	120
1 ไป 2	✗	150

ภาพที่ 5.4 การจัดส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มที่เปิดแบบ Differential evolution (DE)

จากภาพที่ 5.4 จะพิจารณาเส้นทางการส่งปาล์มน้ำมันที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเรียงลำดับระยะทางจากน้อยไปหามากของแต่ละเกษตรกรที่จัดส่งไปยังลานเทปาล์มน้ำมันเพื่อที่จะนำค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดมาพิจารณาหาคำตอบเริ่มต้นจากภาพที่ 5.3 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการจัดส่ง สามารถจัด (เส้นทาง) การส่งมอบโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดได้ดังนี้ 2 ไป 2, 3 ไป 3, 4 ไป 2, 1 ไป 3 และ 5 ไป 2 ลำดับถัดไปนำคำตอบที่ได้ไปคำนวณในสมการเป้าหมายที่อยู่ในบทที่ 4 เพื่อหาค่าใช้จ่ายต่อไป ส่วนการส่งปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันนั้นได้แสดงไว้ดังภาพที่ 5.5หลังจากนั้นก็เข้าสู่กระบวนสู่กระบวนการ Mutation process



เส้นท	ค่าใช้จ่า
2ไป 6	150
2ไป 7	90
3ไป 6	100
3ไป 7	250

เรียงค่าใช้จ่าย จากน้อยไปหา

เส้นท	พิจารณาการ	ค่าใช้จ่าย
2ไป7	✓	90
3ไป6	✓	100
2ไป6	×	150
3ไป7	×	250

✓ ส่ง

× ไม่ส่ง

ภาพที่ 5.5 การจัดส่งปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

จากภาพที่ 5.5 เป็นการพิจารณาส่งปาล์มน้ำมันจากลานเทปาล์มที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มโดยใช้การเรียงค่าใช้จ่ายจากน้อยไปหามากเช่นเดียวกันจะเห็นได้ว่าตำแหน่งลานเทปาล์มที่เปิดคือ 2 และ 3 ก็จะต้องทำการส่งปาล์มไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม 6 และ 7 สามารถจัด (เส้นทาง) การส่งมอบโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดได้ดังนี้ 2 ไป 7 และ 3 ไป 6 ลำดับถัดไปนำคำตอบที่ได้ในการคำนวณในสมการเป้าหมายที่อยู่ในบทที่ 4 เพื่อหาค่าใช้จ่ายต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5.5

5.3 กระบวนการ Mutation

คือ ขั้นตอนการคูณตัวแปรตัดสินใจด้วยปัจจัยตัวคูณ เรียกว่า Weighting Factor: F หรือ เรียกว่า Mutation Factor: F กระบวนการ Mutation มีขึ้นเพื่อจุดประสงค์ของการผ่าเหล่า กลายพันธุ์ ให้ได้คำตอบใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากกลุ่มจำนวนประชากรในข้อขั้นตอน 5.2 โดย มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

(1) ทำการกำหนด Target Vector ($X_{i,G}$) โดยที่ i = 1,2,3, ... , NP

(2) สุ่มเลือกจำนวน 2 Vector ($X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$) จากประชากรตั้งต้นที่ไม่ซ้ำกับ Target Vector

(3) ทำการคำนวณหา Mutant Vector ($V_{i,G+1}$) จากความสัมพันธ์

$$V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G}) \quad (5.1)$$

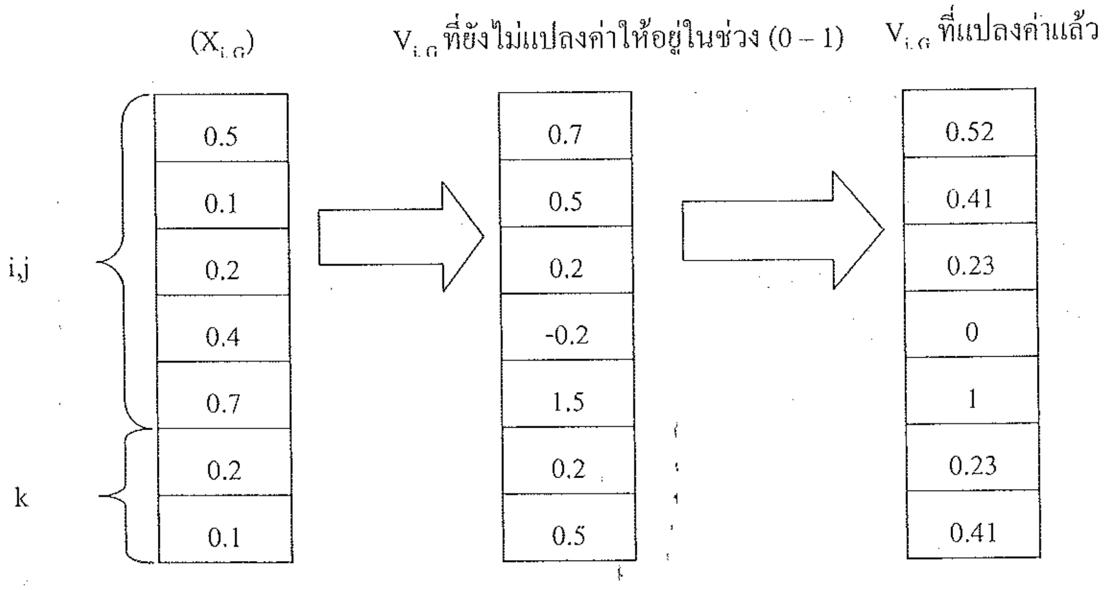
เมื่อ

$X_{r1,G}$ = Target Vector

$V_{i,G+1}$ = Mutant Vector

$X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$ = Random Vector

F = Weighting Factor



ภาพที่ 5.6 ผลของกระบวนการ Mutation process ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 5.1

จากภาพที่ 5.6 เมื่อได้ค่า ($X_{i,G}$) จะต้องทำการ Mutation process ตามสมการ $V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G})$ ซึ่งจะแสดงวิธีการคำนวณในกระบวนการและการแปลงค่า $V_{i,G}$ ให้อยู่ในช่วง (0 – 1) ซึ่งยีนส์ตำแหน่งที่ 1-5 เป็นตำแหน่ง i, j และยีนส์ตำแหน่ง 6, 7 เป็นโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม k โดยจากค่า ($X_{i,G}$) ในแต่ละโคโมโซมให้ทำการ Random มา 1ค่าเพื่อจะเป็น $X_{r1,G}$ สมมุติว่าได้ค่าเท่ากับ 0.5 ต่อจากนั้นให้ทำการ Random ต่อ 2 ค่าเพื่อให้ได้ค่า $X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$ สมมุติว่าได้ค่า 0.2 และ0.1 โดยที่ค่า Random ในยีนส์ของโครโมโซมแต่ละโครโมโซมจะมีค่าไม่ซ้ำกันกับค่า $X_{r1,G}$ ต่อจากนั้นก็นำมาคำนวณตามสมการที่ 5.1 โดยในกรณีนี้กำหนดค่า F เท่ากับ 2 จะได้ค่า $V_{1,G1}$= 0.5 + 2 (0.2- 0.1) จะได้ค่าเท่ากับ 0.7 ทำอย่างนี้จนครบทุกยีนส์ในแต่ละโครโมโซมแต่ในการคิดค่า $V_{i,G}$ อาจจะมีค่าติดลบหรือมากกว่า 1 ดังนั้นจึงต้องทำการปรับเปลี่ยนค่าที่ได้ให้อยู่ในช่วง (0 – 1) เนื่องจากได้ตั้งค่า POP OPENT ไว้เบื้องต้นที่ 0.2 สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (ตัวมันเอง – ค่าน้อยสุด) / (ค่ามากสุด – ค่าน้อยสุด) เช่น จากภาพที่ 5.4 ค่ายีนส์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.7 สามารถทำการปรับค่าได้ดังนี้ (0.7 – (-0.20)) / (1.5 – (- 0.20)) = 0.52 เช่นเดียวกันในยีนส์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ -0.20 สามารถทำการปรับค่าได้ดังนี้ ((-0.20) – (0.20)) / (1.5 – (-0.20)) จะได้ค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นจะต้องทำการปรับค่า $V_{i,G}$ ให้อยู่ในช่วง (0 – 1) ทุกค่าของ $V_{i,G}$ ในแต่ละโครโมโซมเมื่อทำการปรับค่าแล้วจะได้ค่า $V_{i,G}$ ตามภาพที่ 5.4 หลังจากนั้นก็เข้าสู่กระบวนสู่กระบวนการ Recombination process ต่อไป

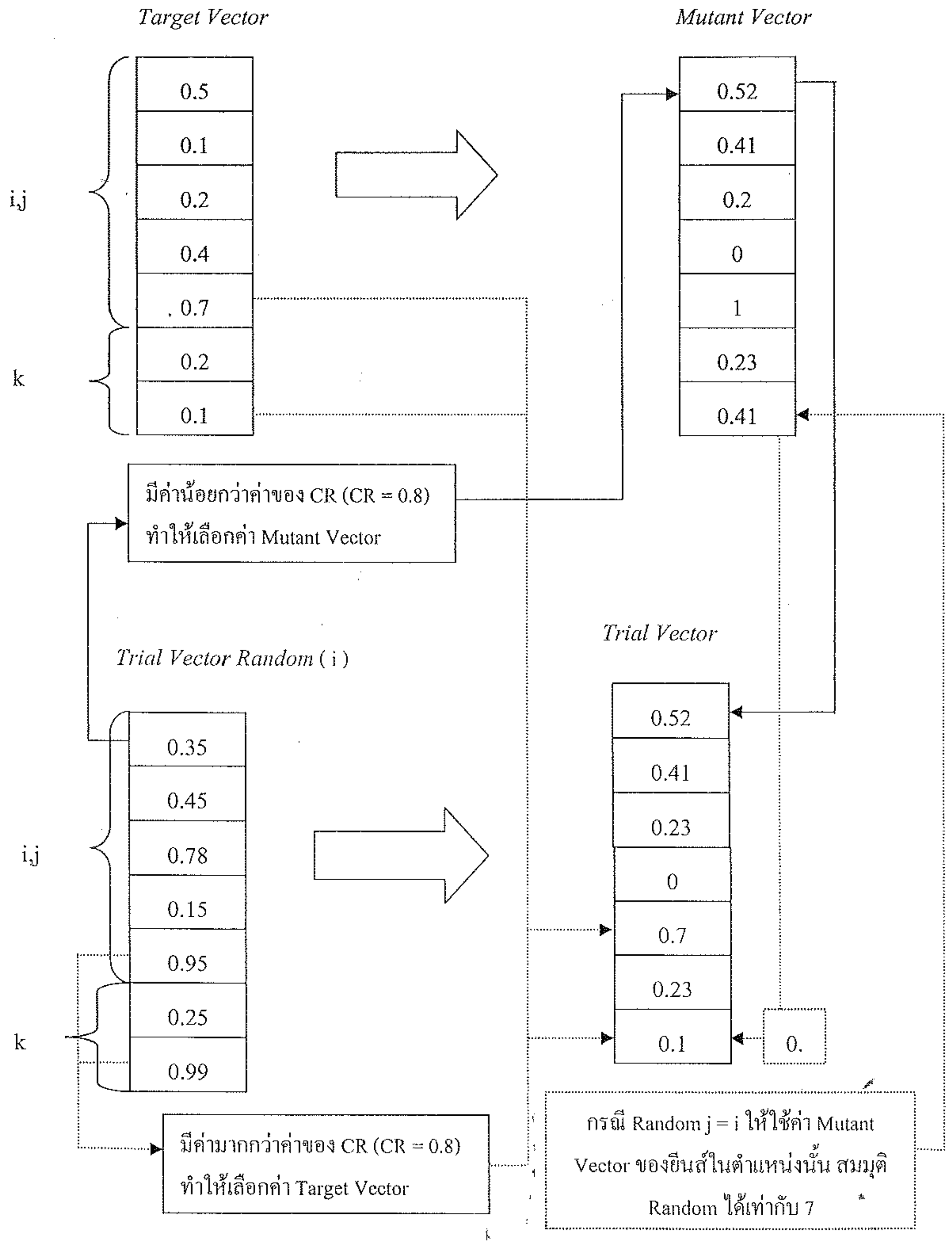
5.4 กระบวนการ Crossover หรือ Recombination

คือขั้นตอนการผสมสายพันธุ์ ซึ่งจะได้สายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่มีทั้งดีกว่าและแย่กว่าอย่างหลากหลาย โดยมีการสร้าง Trial Vector ($U_{ji,G+1}$) ดังแสดงในสมการที่ (5.2) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพิจารณาในการผสมสายพันธุ์ดังสมการ (5.3)

$$U_{ji,G+1} = (U_{1i,G+1}, U_{2i,G+1}, \dots, U_{Di,G+1}) \tag{5.2}$$

$$U_{ji,G+1} = \begin{cases} V_{ji,G+1} & \text{if } (randb(j) \leq CR) \text{ or } j = rnbr(i) \\ X_{ji,G+1} & \text{if } (randb(j) > CR) \text{ or } j \neq rnbr(i) \end{cases} \tag{5.3}$$

เมื่อ $U_{ji,G+1}$ = Trial Vector , $V_{ji,G+1}$ = Mutant Vector, $X_{ji,G+1}$ = Target Vector , randb(j) = การสุ่ม จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1 ครั้งที่ j , CR = Crossover Constant จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1, rnbr(i) = Index จากการสุ่มเลือก จำนวนเต็ม 1,2, … ,D และ j = 1,2, … ,D



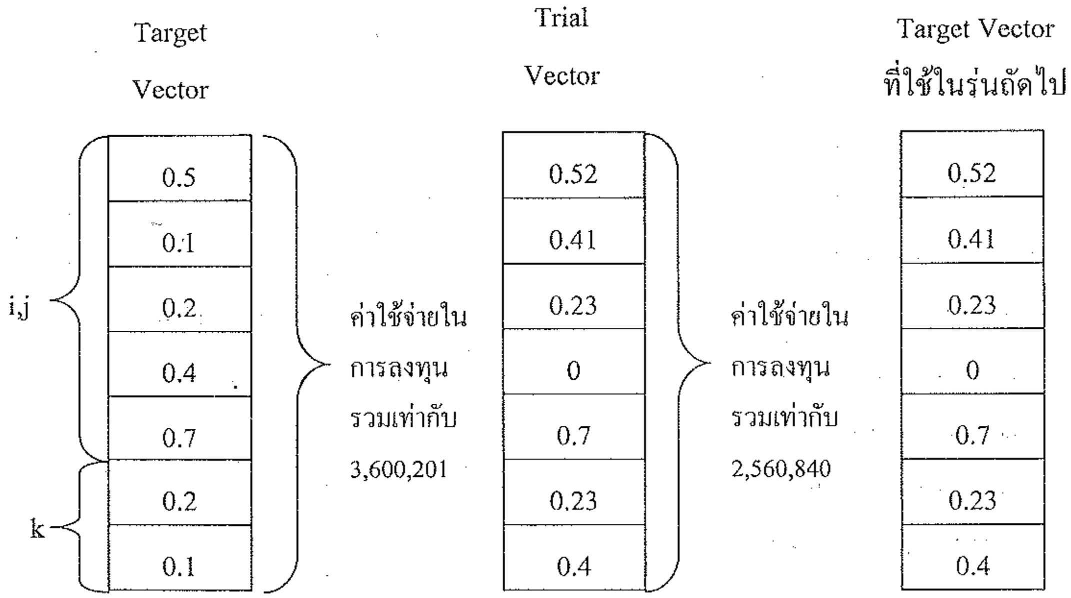
ภาพที่ 5.7 ผลของกระบวนการ Recombination process

จากภาพที่ 5.7 เป็นกระบวนการ Recombination process ทำการพิจารณาค่าของ Mutant Vector กับ Target Vector โดยพิจารณาทุกตำแหน่งของแต่ละค่าของ NP ซึ่งใช้ค่า CR (Crossover Rate) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาโดยการสุ่มตัวเลข (0 – 1) เพื่อให้ได้ค่า Trial Vector Random (i) ทุกตำแหน่งของยีนส์ได้ 0.35, 0.45, 0.78, 0.15, 0.95, 0.25 และ 0.99 ตามลำดับจากนั้นทำการพิจารณาโดยกำหนดค่า CR = 0.8 หากค่า Trial Vector Random (i) มากกว่า 0.8 จะพิจารณาเลือกค่า Target Vector ลงในตำแหน่งของ Trial Vector แต่หากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.8 จะพิจารณาเลือกค่า Mutant Vector ลงในตำแหน่งของ Trial Vector เช่นในตำแหน่งที่ 1 มีค่า Trial Vector Random (i) เท่ากับ 0.35 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.8 ดังนั้นค่า Trial Vector ในตำแหน่งที่ 1 จึงเท่ากับ 0.52 และในตำแหน่งที่ 7 มีค่า Trial Vector Random (i) เท่ากับ 0.99 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.8 ดังนั้นค่า Trial Vector ในตำแหน่งที่ 7 จึงมีค่าเท่ากับ 0.1 เป็นต้น จากนั้นหาค่า Trial Vector Random (j) โดยการสุ่มตำแหน่งยีนส์ทุกตำแหน่งในโครโมโซมเมื่อสุ่มได้ตำแหน่งใดให้เปลี่ยนค่าในตำแหน่งนั้นเป็นค่า Mutant Vector ส่วนตำแหน่งอื่นที่ไม่ถูกสุ่มให้ใช้ค่าเดิมเช่น สุ่มได้ตำแหน่งที่ 7 ดังนั้นค่า Trial Vector ในตำแหน่งที่ 7 จะเปลี่ยนจาก 0.1 เป็น 0.41 เป็นต้นดังสมการที่ 5.3 ดำเนินการในทุกโครโมโซมหลังจากนั้นพิจารณาดูว่าลานเทปาล์มในตำแหน่งใดที่เปิดแล้วทำการส่งมอบเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มพร้อมทั้งทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ที่ทำการคูณเวสน้ำหนักตามสมการเป้าหมายหลังจากนั้นก็เข้าสู่กระบวนสู่กระบวนการ Selection process ต่อไป

5.5 กระบวนการ Selection

คือขั้นตอนการคัดเลือกประชากรในรุ่นต่อไป (G+1) โดยคัดเลือกเอาแต่เฉพาะ คำตอบที่ดีกว่า โดยการเปรียบเทียบผลของ Target Vector กับ Trial Vector ในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ได้ของ Trial Vector ต่ำกว่าหรือเท่ากับ (คำตอบดีกว่าหรือเท่ากับ) Target Vector จะถูกแทนที่ด้วย Trial Vector ในรุ่นต่อไป ดังสมการที่ (5.4)

$$X_{i,G+1} \begin{cases} U_{i,G+1} & \text{if } f(U_{i,G+1}) \leq f(X_{i,G+1}) \\ & \qquad i = 1,2,\ldots n \\ X_{i,G} & \text{Otherwise} \end{cases} \tag{5.4}$$



ภาพที่ 5.8 กระบวนการ Selection process

จากภาพที่ 5.8 แสดงผลของกระบวนการ Selection process โดยพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนระหว่าง Target Vector และ Trial Vector ตามการคำนวณในหัวข้อที่ 5.2 และสมการเป้าหมายซึ่งค่าใช้จ่ายในการลงทุนของ Target Vector มีค่าเท่ากับ 3,600,201 บาท ส่วนค่าใช้จ่ายในการลงทุนของ Trial Vector มีค่าเท่ากับ 2,560,840 บาท ดังนั้นจึงทำการเลือก Trial Vector เป็นประชากรเริ่มต้นในรุ่นถัดไปเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าตามสมการที่ 5.4 และดำเนินการซ้ำในทุกโครโมโซมตามกระบวนการ Mutation process Recombination process และ Selection process จนครบตามความต้องการ (i = NP)

5.6 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)

จากการใช้วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ในการหาคำตอบผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ F, Cr, POP – Open โดยทดลองกับปัญหาตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นที่มีจำนวนเกษตรกรเท่ากับ 15 รายจำนวนโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1 โรงงานจากวิธีการ Full factorial Design ซึ่งมีตัวแปร 3 ตัวแปร ตัวแปรแต่ละตัวแปรมี 3 ระดับ ได้แก่ ต่ำ กลาง และสูง ค่าตัวแปรแต่ละตัวแปรแสดงได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรพารามิเตอร์	ต่ำ	กลาง	สูง
F	1	2	3
Cr	0.4	0.6	0.8
POP - Open	0.1	0.2	0.3

จากตารางที่ 5.3 ทดลองรันโปรแกรมด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ทั้งสิ้น 54 treatment โดยทดลองซ้ำ 2 ครั้งต่อ 1 Treatment รวมทั้งสิ้น 54 การทดลอง จะได้ผลดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง

ครั้งที่	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องใน การหาคำตอบโดยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)			แสดงผลของคำตอบ
	F	**Cr**	**POP - Open**	**Function values of objective functions (Million baht)**
1	3	0.6	0.3	5,251,630
2	3	0.4	0.3	4,762,310
3	1	0.6	0.3	4,781,330
4	3	0.8	0.1	5,015,600
5	2	0.8	0.3	4,873,490
6	3	0.4	0.3	4,901,780
7	3	0.6	0.2	4,893,260
8	2	0.8	0.3	5,123,560

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง (ต่อ)

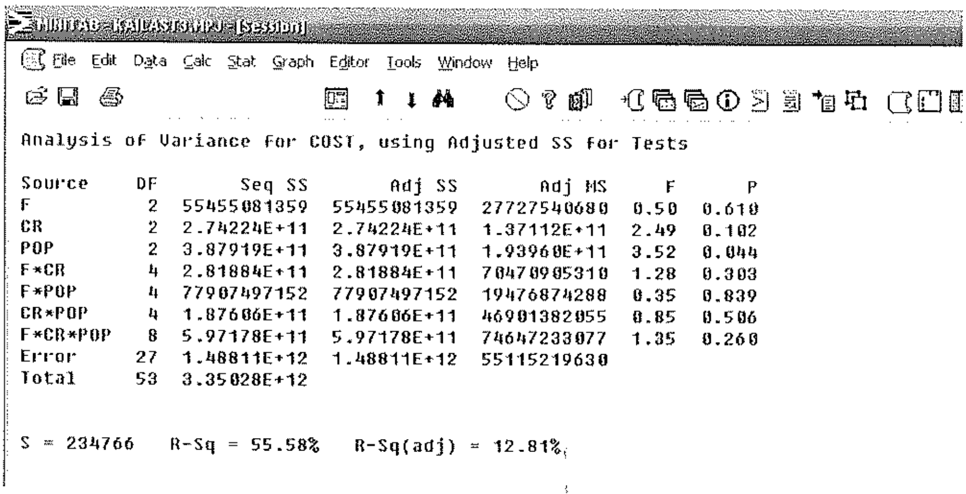
ครั้งที่	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องใน การหาคำตอบโดยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)			แสดงผลของคำตอบ
	F	**Cr**	**POP - Open**	**Function values of objective functions (Million baht)**
9	3	0.4	0.2	4,762,310
10	1	0.4	0.3	4,895,600
11	2	0.4	0.3	4,724,560
12	1	0.4	0.3	5,117,110
13	3	0.6	0.3	4,788,440
14	2	0.8	0.1	5,078,560
15	3	0.6	0.1	4,789,600
16	1	0.8	0.3	5,034,780
17	1	0.6	0.1	4,789,600
18	1	0.8	0.2	4,796,330
19	3	0.8	0.3	5,251,630
20	1	0.8	0.1	4,955,960
21	1	0.8	0.3	5,189,670
22	3	0.8	0.1	5,262,150
23	3	0.8	0.3	5,189,600
24	2	0.8	0.2	4,768,900
25	1	0.4	0.2	4,799,760
26	1	0.6	0.2	4,574,220
27	3	0.8	0.2	5,104,270

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง (ต่อ)

ครั้งที่	**ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องใน การหาคำตอบโดยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)**			**แสดงผลของคำตอบ**
	F	**Cr**	**POP - Open**	**Function values of objective functions (Million baht)**
28	2	0.4	0.1	4,345,670
29	1	0.6	0.1	4,343,610
30	2	0.6	0.1	4,657,890
31	3	0.4	0.2	4,724,560
32	1	0.4	0.1	4,799,760
33	2	0.4	0.1	4,879,870
34	3	0.8	0.2	4,381,120
35	2	0.4	0.2	4,986,790
36	2	0.6	0.3	5,053,780
37	2	0.6	0.1	4,850,880
38	2	0.6	0.2	4,315,890
39	1	0.8	0.1	4,890,650
40	1	0.8	0.2	4,723,280
41	1	0.4	0.2	5,216,890
42	1	0.6	0.3	4,970,050
43	2	0.6	0.2	4,356,980
44	2	0.4	0.3	5,351,000
45	2	0.8	0.1	4,723,280
46	1	0.6	0.2	5,207,360

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง (ต่อ)

ครั้งที่	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องใน การหาคำตอบโดยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)			แสดงผลของคำตอบ
	F	Cr	POP - Open	Function values of objective functions (Million baht)
47	1	0.4	0.1	5,229,950
48	2	0.4	0.2	5,114,920
49	3	0.4	0.1	4,878,110
50	3	0.6	0.1	4,869,870
51	3	0.4	0.1	4,758,900
52	2	0.8	0.2	5,099,790
53	2	0.6	0.3	4,907,320
54	3	0.6	0.2	4,944,360


File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

Analysis of Variance for COST, using Adjusted SS for Tests

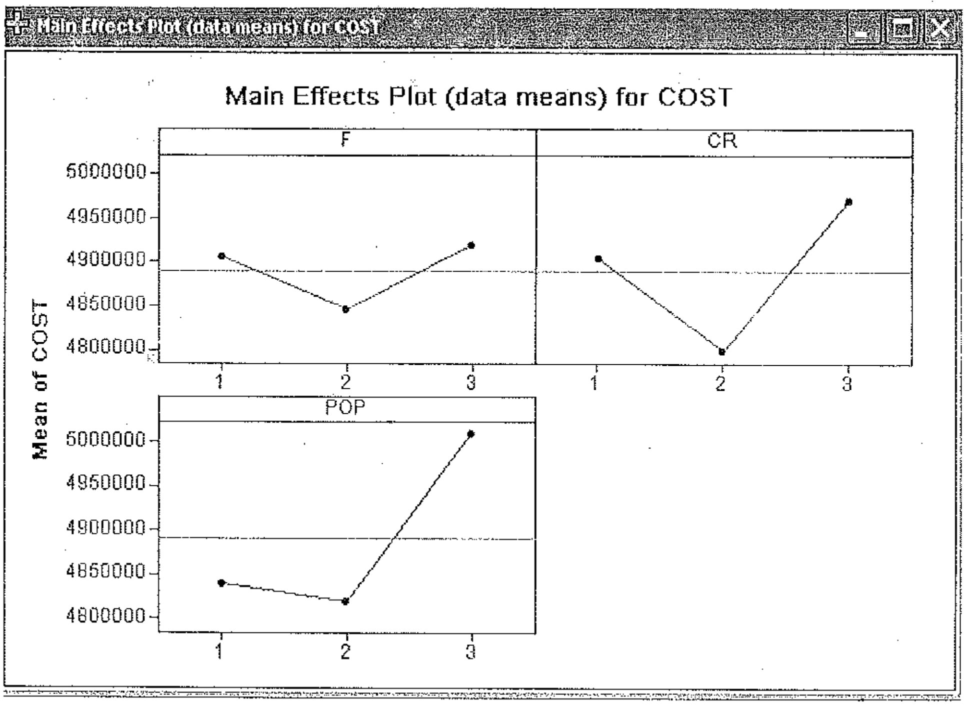
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
F	2	55455081359	55455081359	27727540680	0.50	0.610
CR	2	2.74224E+11	2.74224E+11	1.37112E+11	2.49	0.102
POP	2	3.87919E+11	3.87919E+11	1.93960E+11	3.52	0.044
F*CR	4	2.81884E+11	2.81884E+11	70470905310	1.28	0.303
F*POP	4	77907497152	77907497152	19476874288	0.35	0.839
CR*POP	4	1.87606E+11	1.87606E+11	46901382055	0.85	0.506
F*CR*POP	8	5.97178E+11	5.97178E+11	74647233077	1.35	0.260
Error	27	1.48811E+12	1.48811E+12	55115219630		
Total	53	3.35028E+12				

S = 234766   R-Sq = 55.58%   R-Sq(adj) = 12.81%

ภาพที่ 5.9 ผลการทดลองด้วย Full factorial Desig

จากนั้นใช้โปรแกรม MINITAB ในการตรวจสอบค่าทางสถิติซึ่งได้ผลดังภาพที่ 5.9 ซึ่งจากภาพที่ 5.9 พบว่าตัวแปร F และ Cr ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสมการเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.610 และ 0.102 ตามลำดับ แต่การเปลี่ยนแปลง

ค่า POP-OPEN มีผลทำให้ค่าสมการเป้าหมายเปลี่ยนไปอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.044 และจากการพิจารณากราฟ Main Effects Plot ดังแสดงในภาพที่ 5.10 ค่า POP-OPEN ที่ให้ค่า สมการเป้าหมายต่ำที่สุดคือ POP-OPEN = 0.2 และจากภาพเดียวกันนี้ถึงแม้ค่าใช้พารามิเตอร์ F และ Cr จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนค่าสมการเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาจาก main effect plot ผู้วิจัยจึงเลือก F = 2 และค่า Cr = 0.6 เป็นค่าตัวแปรที่จะใช้ในการทดสอบ DE เทียบกับวิธีการอื่น เนื่องจากให้ค่าสมการเป้าหมายเฉลี่ยต่ำที่สุด ดังนั้นสามารถสรุประดับของปัจจัยต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5.5



ภาพที่ 5.10 ค่า Main Effects Polol ที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 5.5 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบโดยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)

ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบโดยวิธีการ Differential evolution (DE)		
F	**Cr**	**POP - Open**
2	0.6	0.2

5.7 ผลการทดลองจากวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) กับตัวอย่างปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

การใช้วิธีวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาประยุกต์ใช้เข้ากับปัญหาเพื่อหาค่าเหมาะสมของคำตอบ โดยได้พิจารณากับ ตัวอย่างปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และ ปัญหาขนาดใหญ่ ที่ได้กำหนดข้อมูลขึ้น ดังตารางที่ 5.6 ซึ่งผลจากการประยุกต์ใช้ DE สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.7 – 5.18

ตารางที่ 5.6 สรุปขนาดของปัญหาที่ใช้ในการหาคำตอบด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)

ขนาดของปัญหา	จำนวนเกษตรกร	จำนวนลานเทปาล์ม	จำนวนโรงงาน
ปัญหาขนาดเล็ก	5 (1)	5 (1)	1
	5 (2)	5 (2)	1
ปัญหาขนาดกลาง	10 (1)	10 (1)	1
	10 (2)	10 (2)	1
	15 (1)	15 (1)	1
	15 (2)	15 (2)	1
ปัญหาขนาดใหญ่	20 (1)	20 (1)	1
	20 (2)	20 (2)	1
	30 (1)	30 (1)	1
	30 (2)	30 (2)	1
	40 (1)	40 (1)	1
	40 (2)	40 (2)	1

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 1)

Case	**Economic objective**	**Environmental objective**	**Terroristic objective**	**Proper locations of oil palm collecting centers**		**Function values of objective functions (Million baht)**		**Run time (ss)**	
				LINGO	**DE**	**LINGO**	**DE**	**LINGO**	**DE**
1	10	10	80	5	5	7.60	7.60	2	1.953
2	20	20	60	5	5	7.60	7.60	3	1.985
3	30	30	40	5	5	7.60	7.60	4	1.922
4	40	40	20	5	5	7.60	7.60	2	2.062
5	50	50	0	5	5	7.60	7.60	3	1.938
6	80	10	10	5	5	7.60	7.60	4	2.000
7	0	50	50	5	5	7.60	7.60	0	0.078
8	10	80	10	5	5	7.60	7.60	2	1.953
9	20	60	20	5	5	7.60	7.60	2	1.969
10	50	0	50	5	5	7.60	7.60	2	1.954
11	60	20	20	5	5	7.60	7.60	3	2.000
12	40	30	30	5	5	7.60	7.60	2	1.985
13	20	40	40	5	5	7.60	7.60	3	1.907
14	30	40	30	5	5	7.60	7.60	2	1.953
15	40	20	40	5	5	7.60	7.60	2	1.954
average						7.6	7.6	2.4	1.840

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	5	5	6.21	6.21	4	1.938
2	20	20	60	5	5	6.21	6.21	4	1.937
3	30	30	40	5	5	6.21	6.21	3	1.954
4	40	40	20	5	5	6.21	6.21	2	1.938
5	50	50	0	5	5	6.21	6.21	2	1.938
6	80	10	10	5	5	6.21	6.21	3	1.938
7	0	50	50	5	5	6.21	6.21	0	0.079
8	10	80	10	5	5	6.21	6.21	4	1.984
9	20	60	20	5	5	6.21	6.21	4	1.938
10	50	0	50	5	5	6.21	6.21	5	1.969
11	60	20	20	5	5	6.21	6.21	3	1.938
12	40	30	30	5	5	6.21	6.21	2	1.907
13	20	40	40	5	5	6.21	6.21	3	1.922
14	30	40	30	5	5	6.21	6.21	3	1.954
15	40	20	40	5	5	6.21	6.21	2	1.953
average						6.21	6.21	2.933	1.819

ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	5	1	13.42	13.43	60.15	2.922
2	20	20	60	5	1	13.42	13.43	54	2.859
3	30	30	40	5	4	13.42	13.43	60.07	2.875
4	40	40	20	5	1	13.42	13.43	57	2.820
5	50	50	0	5	8	13.42	13.43	60.02	2.970
6	80	10	10	5	8	13.42	13.43	60.20	2.891
7	0	50	50	5	1	13.42	13.43	3	2.875
8	10	80	10	5	1	13.42	13.43	56	2.875
9	20	60	20	5	1	13.42	13.43	42	2.891
10	50	0	50	5	1	13.42	13.43	52	2.906
11	60	20	20	5	8	13.42	13.43	57	3.016
12	40	30	30	5	1	13.42	13.43	12	2.859
13	20	40	40	5	1	13.42	13.43	60.02	2.875
14	30	40	30	5	1	13.42	13.43	60.19	2.970
15	40	20	40	5	1	13.42	13.43	51	2.860
average						13.42	13.43	49.643	2.897

ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	9	5,7	13.31	13.34	60.03	3.311
2	20	20	60	9	5	13.31	13.32	60.05	2.953
3	30	30	40	9	2,5	13.31	13.57	60.06	3.063
4	40	40	20	9	9	13.31	13.31	60.11	3.079
5	50	50	0	9	9	13.31	13.31	60.34	3.063
6	80	10	10	9	9	13.31	13.31	60.05	2.968
7	0	50	50	9	2,7	13.31	13.56	4.00	3.000
8	10	80	10	9	9	13.31	13.31	60.12	3.000
9	20	60	20	9	5	13.31	13.32	60.06	2.969
10	50	0	50	9	5	13.31	13.32	60.18	3.016
11	60	20	20	9	9	13.31	13.31	60.11	2.984
12	40	30	30	9	5	13.31	13.32	60.18	2.953
13	20	40	40	9	5	13.31	13.32	60.20	2.968
14	30	40	30	9	5	13.31	13.32	60.12	3.013
15	40	20	40	9	5	13.31	13.32	60.14	2.953
average						13.31	13.350	56.383	3.019

ตารางที่ 5.11 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	4	8,7	14.49	14.49	120.28	4.000
2	20	20	60	4	4,13	14.49	14.91	240.59	3.906
3	30	30	40	4	7,8	14.49	14.49	180.38	3.953
4	40	40	20	4	1,8	14.49	14.49	180.54	4.047
5	50	50	0	4	4	14.49	14.49	240.11	3.922
6	80	10	10	4	4	14.49	14.49	180.25	3.921
7	0	50	50	4	4,7	14.49	14.49	4	3.938
8	10	80	10	4	11,15	14.49	14.49	180.23	3.907
9	20	60	20	4	4,15	14.49	14.49	120.59	3.890
10	50	0	50	4	2,13	14.49	14.49	120.14	3.938
11	60	20	20	4	7,15	14.49	14.49	180.43	3.875
12	40	30	30	4	6,12	14.49	14.49	180.40	3.891
13	20	40	40	4	5,12	14.49	14.49	180.04	3.875
14	30	40	30	4	3,5	14.49	14.49	180.21	3.875
15	40	20	40	4	4,15	14.49	14.49	180.12	3.875
average						14.49	14.518	164.554	3.920

ตารางที่ 5.12 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	8	4	15.48	15.48	130.29	4.012
2	20	20	60	8	4,13	15.48	15.48	240.59	3.809
3	30	30	40	8	8	15.48	15.52	180.38	3.953
4	40	40	20	8	4,12	15.48	15.48	180.60	4.047
5	50	50	0	8	4	15.48	15.48	240.12	3.912
6	80	10	10	8	8	15.48	15.48	180.35	3.921
7	0	50	50	8	8,10	15.48	15.51	5	3.938
8	10	80	10	8	2,13	15.48	15.48	180.23	3.907
9	20	60	20	8	11,15	15.48	15.48	120.59	3.890
10	50	0	50	8	7,15	15.48	15.50	120.24	3.938
11	60	20	20	8	6,12	15.48	15.48	180.43	3.875
12	40	30	30	8	5,10	15.48	15.48	180.40	3.891
13	20	40	40	8	3,5	15.48	15.48	180.04	3.875
14	30	40	30	8	8,9	15.48	15.48	180.21	3.875
15	40	20	40	8	10,14	15.48	15.48	180.12	3.875
average						15.48	15.486	165.306	3.914

ตารางที่ 5.11 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	4	8,7	14.49	14.49	120.28	4.000
2	20	20	60	4	4,13	14.49	14.91	240.59	3.906
3	30	30	40	4	7,8	14.49	14.49	180.38	3.953
4	40	40	20	4	1,8	14.49	14.49	180.54	4.047
5	50	50	0	4	4	14.49	14.49	240.11	3.922
6	80	10	10	4	4	14.49	14.49	180.25	3.921
7	0	50	50	4	4,7	14.49	14.49	4	3.938
8	10	80	10	4	11,15	14.49	14.49	180.23	3.907
9	20	60	20	4	4,15	14.49	14.49	120.59	3.890
10	50	0	50	4	2,13	14.49	14.49	120.14	3.938
11	60	20	20	4	7,15	14.49	14.49	180.43	3.875
12	40	30	30	4	6,12	14.49	14.49	180.40	3.891
13	20	40	40	4	5,12	14.49	14.49	180.04	3.875
14	30	40	30	4	3,5	14.49	14.49	180.21	3.875
15	40	20	40	4	4,15	14.49	14.49	180.12	3.875
average						14.49	14.518	164.554	3.920

ตารางที่ 5.12 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	8	4	15.48	15.48	130.29	4.012
2	20	20	60	8	4,13	15.48	15.48	240.59	3.809
3	30	30	40	8	8	15.48	15.52	180.38	3.953
4	40	40	20	8	4,12	15.48	15.48	180.60	4.047
5	50	50	0	8	4	15.48	15.48	240.12	3.912
6	80	10	10	8	8	15.48	15.48	180.35	3.921
7	0	50	50	8	8,10	15.48	15.51	5	3.938
8	10	80	10	8	2,13	15.48	15.48	180.23	3.907
9	20	60	20	8	11,15	15.48	15.48	120.59	3.890
10	50	0	50	8	7,15	15.48	15.50	120.24	3.938
11	60	20	20	8	6,12	15.48	15.48	180.43	3.875
12	40	30	30	8	5,10	15.48	15.48	180.40	3.891
13	20	40	40	8	3,5	15.48	15.48	180.04	3.875
14	30	40	30	8	8,9	15.48	15.48	180.21	3.875
15	40	20	40	8	10,14	15.48	15.48	180.12	3.875
average						15.48	15.486	165.306	3.914

ตารางที่ 5.13 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	9	6	12.03	12.04	480.20	1.11
2	20	20	60	9	6	12.03	12.04	540.10	1.109
3	30	30	40	9	6	12.03	12.04	600.03	1.078
4	40	40	20	9	6	12.03	12.04	480.25	1.078
5	50	50	0	9	9	12.03	12.03	540.25	1.094
6	80	10	10	9	9	12.03	12.03	300.43	1.203
7	0	50	50	9	2,4,9	12.03	12.03	10	1.094
8	10	80	10	9	6	12.03	12.03	480.09	1.11
9	20	60	20	9	6	12.03	12.03	300.45	1.109
10	50	0	50	9	6	12.03	12.03	360	1.094
11	60	20	20	9	9	12.03	12.03	300.35	1.109
12	40	30	30	9	6	12.03	12.03	420.56	1.109
13	20	40	40	9	6	12.03	12.03	480.01	1.109
14	30	40	30	9	6	12.03	12.03	600.02	1.094
15	40	20	40	9	6	12.03	12.03	420.27	1.11
average						12.03	12.032	420.867	1.107

ตารางที่ 5.14 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	3	13	13.32	13.32	540.17	1.109
2	20	20	60	3	13	13.32	13.32	490.17	1.11
3	30	30	40	3	13	13.32	13.32	360.54	1.109
4	40	40	20	3	13	13.32	13.32	490.49	1.109
5	50	50	0	3	3	13.32	13.32	480.37	1.109
6	80	10	10	3	3	13.32	13.32	420.45	1.109
7	0	50	50	3	3,13	13.32	13.32	10	1.094
8	10	80	10	3	13	13.32	13.32	420.33	1.094
9	20	60	20	3	13	13.32	13.32	420.21	1.094
10	50	0	50	3	13	13.32	13.35	300.37	1.079
11	60	20	20	3	13	13.32	13.34	420.29	1.109
12	40	30	30	3	13	13.32	13.33	420.28	1.094
13	20	40	40	3	13	13.32	13.32	420.29	1.11
14	30	40	30	3	13	13.32	13.32	420.35	1.094
15	40	20	40	3	13	13.32	13.32	300.33	1.11
average						13.32	13.324	394.309	1.102

ตารางที่ 5.15 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	7	17	12.66	12.66	1800.34	2.719
2	20	20	60	7	17	12.66	12.66	2400.24	2.709
3	30	30	40	7	7,17	12.66	12.68	1980.11	2.742
4	40	40	20	7	17	12.66	12.66	2820.56	2.742
5	50	50	0	7	17	12.66	12.66	2940.20	2.80
6	80	10	10	7	17	12.66	12.66	2700.30	2.456
7	0	50	50	7	13,17	12.66	12.69	2940.54	2.687
8	10	80	10	7	17	12.66	12.66	1800.25	2.942
9	20	60	20	7	8,17	12.66	12.66	2880.27	2.781
10	50	0	50	7	6,17	12.66	12.66	2760.20	2.754
11	60	20	20	7	17,18	12.66	12.66	2640.41	2.756
12	40	30	30	7	17	12.66	12.66	2880.30	2.786
13	20	40	40	7	17	12.66	12.66	2400.26	2.754
14	30	40	30	7	17	12.66	12.66	2460.52	2.987
15	40	20	40	7	17	12.66	12.67	2400.12	2.897
average						12.66	12.664	2520.308	2.767

ตารางที่ 5.16 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	30	29	14.09	14.09	2640.08	2.712
2	20	20	60	30	29	14.09	14.09	2760.08	2.703
3	30	30	40	30	29	14.09	14.09	2701	2.714
4	40	40	20	30	29	14.09	14.09	2580.20	2.720
5	50	50	0	30	29	14.09	14.09	2400.42	2.842
6	80	10	10	30	29	14.09	14.15	2820.24	2.942
7	0	50	50	30	29,30	14.09	14.12	2820.56	2.715
8	10	80	10	30	29	14.09	14.17	2940.54	2.767
9	20	60	20	30	29	14.09	14.09	2940.52	2.842
10	50	0	50	30	29	14.09	14.09	2880.25	2.742
11	60	20	20	30	29	14.09	14.09	2820.35	2.718
12	40	30	30	30	29	14.09	14.09	2880.45	2.715
13	20	40	40	30	29	14.09	14.09	2940.42	2.842
14	30	40	30	30	29	14.09	14.09	2400.24	2.942
15	40	20	40	30	29	14.09	14.09	2640.41	2.942
average						14.09	14.101	2744.384	2.790

ตารางที่ 5.17 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	24	26	16.22	16.22	3900.42	5.641
2	20	20	60	24	26	16.22	16.22	3900.45	5.427
3	30	30	40	24	26	16.22	16.22	3960	5.742
4	40	40	20	24	26,28	16.22	16.24	4020.24	5.641
5	50	50	0	24	24,26	16.22	16.25	4080.54	5.784
6	80	10	10	24	26	16.22	16.22	4200.24	5.724
7	0	50	50	24	26	16.22	16.22	4080.26	5.425
8	10	80	10	24	26	16.22	16.26	4020.42	5.678
9	20	60	20	24	26	16.22	16.22	4020.54	5.781
10	50	0	50	24	26	16.22	16.22	4080.24	5.429
11	60	20	20	24	26	16.22	16.22	4140.20	5.212
12	40	30	30	24	26	16.22	16.22	4200.12	5.242
13	20	40	40	24	26	16.22	16.22	4260.24	5.482
14	30	40	30	24	26	16.22	16.22	4140.57	5.581
15	40	20	40	24	26	16.22	16.22	3960.54	5.241
average						16.22	16.226	4064.335	5.535

ตารางที่ 5.18 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 2)

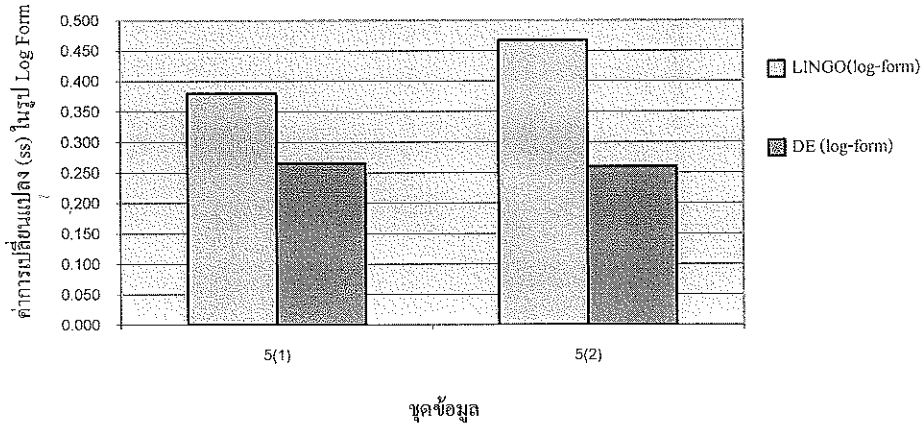
Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers		Function values of objective functions (Million baht)		Run time (ss)	
				LINGO	DE	LINGO	DE	LINGO	DE
1	10	10	80	11	11	20.50	20.50	4500.25	5.608
2	20	20	60	11	11	20.50	20.50	4500.48	5.704
3	30	30	40	11	11	20.50	20.50	4740.54	5.642
4	40	40	20	11	11	20.50	20.50	4800.56	5.748
5	50	50	0	11	11	20.50	20.50	4860.21	5.756
6	80	10	10	11	11,14	20.50	20.50	4920.45	5.453
7	0	50	50	11	11,12	20.50	20.54	4980.58	6.940
8	10	80	10	11	11	20.50	20.52	5640.28	6.987
9	20	60	20	11	11	20.50	20.51	5700.20	6.457
10	50	0	50	11	11	20.50	20.50	4500.25	5.497
11	60	20	20	11	11	20.50	20.50	4500.35	5.460
12	40	30	30	11	11	20.50	20.50	4500.45	5.767
13	20	40	40	11	11	20.50	20.50	4740.21	5.871
14	30	40	30	11	11	20.50	20.50	4740.28	5.428
15	40	20	40	11	11	20.50	20.50	4740.48	5.464
average						20.5	20.504	4824.371	5.852

จากผลคำตอบที่ได้จากการประมวลผลกับปัญหาขนาดเล็ก 5 (ชุดที่1), 5 (ชุดที่ 2) ปัญหาขนาดกลาง 10 (ชุดที่1), 10 (ชุดที่ 2), 15 (ชุดที่ 1), 15 (ชุดที่2) และปัญหาขนาดใหญ่ 20 (ชุดที่1), 20 (ชุดที่2), 30 (ชุดที่1), 30 (ชุดที่2), 40 (ชุดที่1), 40 (ชุดที่2) พอจะสรุปได้ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

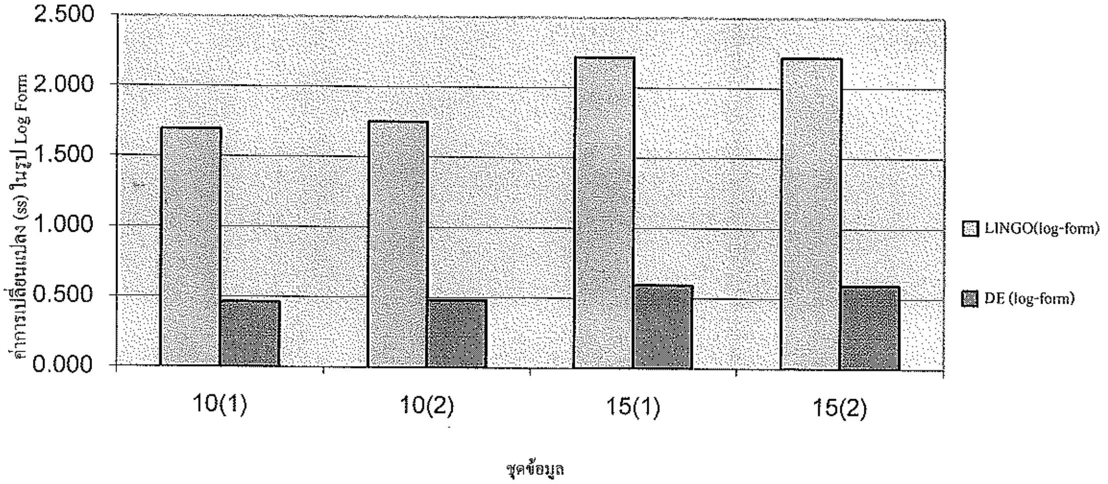
กรณีปัญหาตัวอย่าง	**%เฉลี่ยในการพบคำตอบที่เป็น optimal**	**%เฉลี่ยความแตกต่างของผลระหว่างโปรแกรมLINGO V 11 กับ DE**	**ความแตกต่างของ Run time เฉลี่ย (วินาที)**
5 (ชุดที่ 1)	100	0	-23.29
5 (ชุดที่ 2)	100	0	-37.98
10 (ชุดที่ 1)	0	0.0745	-94.16
10 (ชุดที่ 2)	0	0.3046	-94.64
15 (ชุดที่ 1)	93	0.1932	-97.61
15 (ชุดที่ 2)	80	0.0387	-97.63
20 (ชุดที่ 1)	73.33	0.0219	-99.73
20 (ชุดที่ 2)	80	0.030	-99.72
30 (ชุดที่ 1)	80	0.0315	-99.89
30 (ชุดที่ 2)	80	0.0804	-99.89
40 (ชุดที่ 1)	80	0.0369	-99.86
40 (ชุดที่ 2)	80	0.0227	-99.87

จากผลการทดลองวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) สามารถพบคำตอบที่ให้ค่า Optimization Solution จากจำนวนปัญหาตัวอย่างทั้งหมด (180 ตัวอย่าง) โดยปัญหาขนาดเล็กที่สุด 5 (ชุดที่ 1) และ 5 (ชุดที่ 2) สามารถพบ Optimization Solution ได้ 100% ของจำนวนตัวอย่างทดสอบ ใช้เวลาน้อยกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V. 11 ถึง 23.29% และ 37.98% ตามลำดับดังภาพที่ 5.11



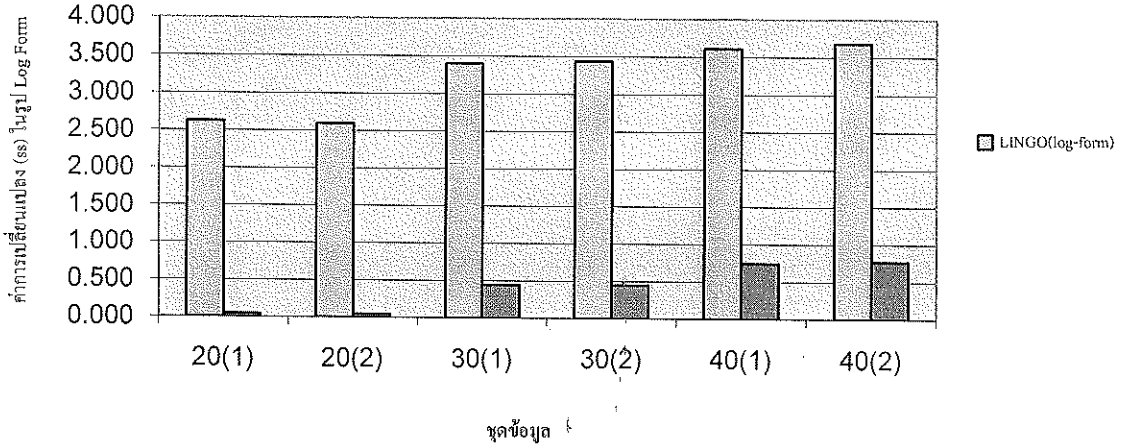
ภาพที่ 5.11 การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดเล็ก

ส่วนปัญหาขนาดกลาง 10 (ชุดที่ 1) และ 10 (ชุดที่ 2) ไม่สามารถพบ Optimization Solution ได้ อย่างไรก็ตามแม้จะไม่สามารถพบคำตอบ Optimization Solution แต่คำตอบที่พบก็มีความแตกต่างจาก Optimization Solution เพียง 0.0745% และ 0.3046% ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 94.16% และ 94.64% ตามลำดับ ส่วนปัญหาที่มีเกษตรกรจำนวน 15 (ชุดที่ 1) สามารถพบคำตอบที่เป็น Optimization Solution ได้ถึง 93% ส่วนอีก 7% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.1932% เท่านั้น และใช้เวลาสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 97.61% ส่วนปัญหา 15 (ชุดที่ 2) สามารถพบคำตอบที่เป็น Optimization Solution ได้ถึง 80% ส่วนอีก 20% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.0387% เท่านั้น และใช้เวลาสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 97.63% ดังภาพที่ 5.12



ภาพที่ 5.12 การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดกลาง

ส่วนปัญหาขนาดใหญ่ 20 (ชุดที่ 1), 20 (ชุดที่ 2), 30 (ชุดที่ 1), 30 (ชุดที่ 2), 40 (ชุดที่1), 40 (ชุดที่ 2) จะเห็นได้ว่ามีเพียงปัญหาขนาด 20 (ชุดที่ 1) สามารถพบคำตอบที่เป็น Optimization Solution ได้ถึง 73.33% ส่วนอีก 26.67% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.0219% เท่านั้นดังได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.19 โดยเฉลี่ยในการทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างทั้งหมดนี้วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ใช้เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบสั้นกว่า โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 87.02% ดังภาพที่ 5.13



ภาพที่ 5.13 การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดใหญ่

บทที่ 6

วิธีการหาคำตอบโดยประยุกต์ใช้วิธี Modified Differential evolution (MODDE)

ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ในบทที่ 5 เพื่อแก้ปัญหาการหาสถานที่ตั้งของลานเทปาล์มน้ำมันพบว่าจะมีจุดอ่อนดังต่อไปนี้

(1.) ในการมอบหมายเกษตรกรให้นำทะลายปาล์มน้ำมันไปส่งให้กับลานเทปาล์มน้ำมัน จะต้องมีการเรียงลำดับของระยะทางก่อนแล้วจึงทำการมอบหมายซึ่งทำให้สิ้นเปลืองเวลามากในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์

(2.) เนื่องจากในบทที่5 ได้ทำการทดลองหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมการเป้าหมายซึ่งพบว่าค่า POP – Open มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของสมการเป้าหมาย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ไขจุดอ่อนดังกล่าวจากจุดอ่อนทั้งสองข้อที่พบในบทที่ 5 ดังลำดับต่อไปนี้

(1.) ใช้วิธีการมอบหมายแบบใหม่โดยการใช้วิธีการ Roulette Wheel Selection ในการมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมันซึ่งจะช่วยลดเวลาในการเรียงลำดับของข้อมูลซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยลง

(2.) ประยุกต์ใช้วิธีการ Evolutionary algorithm ในการปรับค่า POP – Open อย่างอัตโนมัติซึ่งจะทำให้ได้ค่า POP – Open ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่างแต่ละปัญหา

ผู้วิจัยจึงขอเรียกวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ที่มีการการปรับ 2 ขั้นตอนว่าเป็นวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิธีการ Modified Differential Evolution algorithm (MODDE)

วิธีการ Modified Differential Evolution algorithm (MODDE) จะดำเนินการลักษณะเดียวกันกับ วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential Evolution algorithm (DE) ในบทที่ 5 มีลำดับขั้นดังนี้

6.1 วิธีการสร้างโครโมโซมต้นแบบ

การสร้างโครโมโซมต้นแบบได้มาจากการสุ่มโดยมีจำนวนยีนส์ในแต่ละโครโมโซมเท่ากับจำนวนเมืองซึ่งในตัวอย่างต่อไปนี้จะกำหนดให้จำนวนยีนส์ในโครโมโซมมีค่าเป็น 5 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 โครโมโซมต้นแบบ

0.8	0.4	0.2	0.7	0.1

จากตารางที่ 6.1 โครโมโซมประกอบไปด้วย 5 ยีนส์ซึ่งได้มาจากตัวเลขสุ่มเพื่อทำการตรวจสอบพื้นที่ปลูกปาล์มที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันโดยจำนวนประชากรโดยแต่ละรอบการวนซ้ำจะประกอบไปด้วย N-POP โครโมโซมแต่ซึ่ง N-POP เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าต่อจากนั้นจึงทำการ การเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงให้เป็นโครโมโซมไบนารี โดยในการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงเป็นโครโมโซมไบนารีสามารถดำเนินการได้โดยการกำหนดค่า POP – Open เพื่อตรวจสอบว่าพื้นที่ปลูกปาล์มจะได้รับการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันหากมีการตั้งค่า POP- Open เท่ากับ 0.2 ซึ่งตัวแปรในยีนส์ของโครโมโซมที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ POP – Open จะมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าหากมากกว่า POP – Open ก็จะมีค่าเป็น 0 ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงเป็นโครโมโซมไบนารี

location	1	2	3	4	5
Random number	0.8	0.4	0.2	0.7	0.1
Binary code	0	0	1	0	1

จากตารางที่ 6.2 ค่าจำนวนจริงที่อยู่ในยีนส์ของเกษตรกรแต่ละรายที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ POP- Open (0.2) ได้แก่เกษตรกร 3 และ 5 ดังนั้นค่ายีนส์ในโครโมโซมรายที่ 3 และ 5 จะมีค่าเป็น 1 ส่วนรายที่เหลือจะเป็น 0 ดังนั้นเกษตรกรรายที่เหลือคือ 1, 2 และ 4 จะถูกมอบหมายงานให้เกษตรกรรายที่ 3 และ 5 แต่ก่อนที่ผู้วิจัยจะอธิบายวิธีการมอบหมายงานโดยใช้วิธีการ Roulette Wheel Selection ในการมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมันซึ่งจะช่วยลดเวลาในการเรียงลำดับของข้อมูลซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยลงดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นใน

วิธีการ Modified Differential Evolution (MODDE) และการปรับให้ค่า POP- Open ปรับเองอัตโนมัติ โดยประยุกต์ใช้วิธEvolutionary algorithm เพื่อหาค่า POP- Open ที่เหมาะสมซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

6.2 กระบวนการปรับค่า POP – Open โดยประยุกต์ใช้วิธี Evolutionary algorithm

จากการทดลองในบทที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่า POP – Open มีผลต่อสมการเป้าหมายดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบในกระบวนการประยุกต์วิธี Evolutionary algorithm ให้มีการหาค่า POP – Open ที่เหมาะสมอย่างอัตโนมัติและให้ได้ค่าที่เหมาะสมสามารถดำเนินการดังต่อไปนี้

6.2.1 แบ่งโครโมโซมทั้งหมดใน 1 กลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่มย่อย

กลุ่ม A กลุ่มนี้ประกอบไปด้วยโครโมโซม 50 % ของโครโมโซมทั้งหมดในแต่ละรุ่นของโครโมโซมจะใช้ค่า POP – Open กลาง

กลุ่ม B กลุ่มนี้ประกอบไปด้วยโครโมโซมจำนวน 25 % ของโครโมโซมทั้งหมดในแต่ละรุ่นและทั้งหมดของโครโมโซมในกลุ่มนี้จะใช้ค่า POP – Open ระดับบน

กลุ่ม C กลุ่มนี้ประกอบไปด้วยโครโมโซมจำนวน 25 % ของโครโมโซมทั้งหมดในแต่ละรุ่นและทั้งหมดของโครโมโซมในกลุ่มนี้จะใช้ค่า POP – Open ระดับล่าง

ซึ่ง POP – Open ระดับบนและ POP – Open ระดับล่างคำนวณได้จาก POP – Open ±0.05

6.2.1.1 นำโครโมโซมในแต่ละกลุ่มโครโมโซมผ่านกรรมวิธี Mutation, Recombination ตามในบทที่ 5

1) กระบวนการ Mutation คือ ขั้นตอนการคูณตัวแปรตัดสินใจด้วยปัจจัยตัวคูณ เรียกว่า Weighting Factor: F หรือ เรียกว่า Mutation Factor: F อีกชื่อหนึ่งเช่นกันเพื่อจุดประสงค์ของการผ่าเหล่ากลายพันธุ์ ให้ได้คำตอบใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากกลุ่มจำนวนประชากรดังภาพที่ 6.1 มีขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.1) ทำการกำหนด Target Vector ($X_{i,G}$) โดยที่ i = 1,2,3, …, NP

1.2) สุ่มเลือกจำนวน 2 Vector ($X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$) จากประชากรตั้งต้นที่ไม่ซ้ำกับ Target Vector

1.3) ทำการคำนวณหา Mutant Vector ($V_{i,G+1}$) จากความสัมพันธ์

$$V_{i,G+1} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G}) \tag{6.1}$$

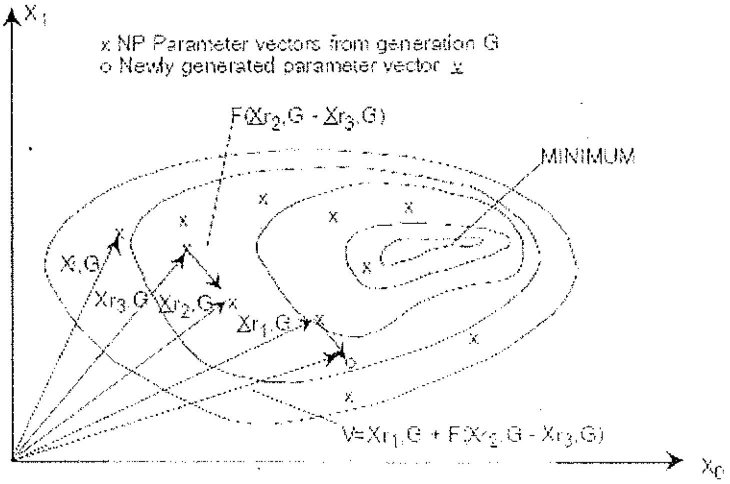
เมื่อ

$X_{r1,G}$ = Target Vector

$V_{i,G+1}$ = Mutant Vector

$X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$ = Random Vector

F = Weighting Factor



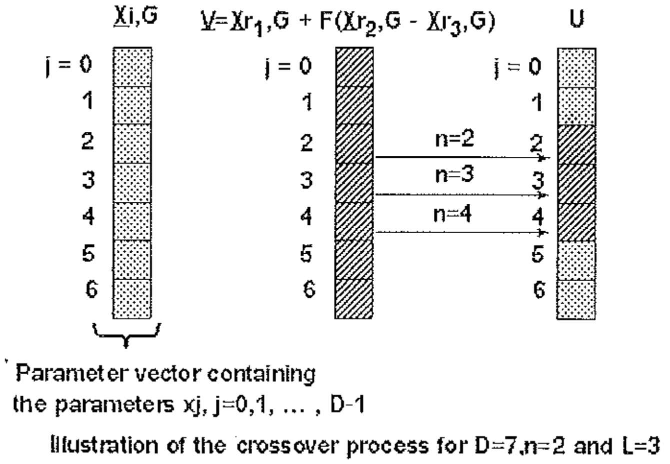
ภาพที่ 6.1 การค้นหา Mutant Vector ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร (Storn and Price, 1997)

2) กระบวนการ Crossover หรือ Recombination คือขั้นตอนการผสมสายพันธุ์ ซึ่งจะได้สายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่มีทั้งดีกว่าและแย่กว่าอย่างหลากหลาย โดยมีการสร้าง Trial Vector ($U_{ji,G+1}$) ดังแสดงในสมการที่ (6.2) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพิจารณาในการผสมสายพันธุ์ดังสมการ (6.3) และภาพที่ 6.2

$$U_{ji,G+1} = (U_{1i,G+1}, U_{2i,G+1}, \ldots, U_{Di,G+1}) \tag{6.2}$$

$$U_{ji,G+1} \begin{cases} V_{ji,G+1} & \text{if } (\text{randb}(j) \leq CR) \quad \text{or } j = \text{rnbr}(i) \\ X_{ji,G+1} & \text{if } (\text{randb}(j) > CR) \quad \text{or } j \neq \text{rnbr}(i) \end{cases} \tag{6.3}$$

เมื่อ $U_{ji,G+1}$ = Trial Vector , $V_{ji,G+1}$ = Mutant Vector, $X_{ji,G+1}$ = Target Vector, randb(j) = การสุ่ม จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1 ครั้งที่ j , CR = Crossover Constant จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1, rnbr(i) = Index จากการสุ่มเลือก จำนวนเต็ม 1,2, ... ,D และ j = 1,2, ... ,D



ภาพที่ 6.2 การ Crossover ของ Target Vector และ Mutant Vector ที่มีค่า D = 7 (Storn and Price, 1997)

โดยหากทำการเปรียบเทียบค่าของ Trial Vector กับค่า CR = Crossover Rate โดยการเปรียบเทียบทุกตำแหน่งที่อยู่ใน Target Vector ของแต่ละค่าของ NP โดยที่ค่าของ Trial Vector เป็นตารางตัวเลขสุ่ม 0 -1 โดยหากเปรียบเทียบแล้ว พบว่า ค่าของ Trial Vector มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของ CR จะทำให้การเลือกในตำแหน่งนั้นๆ เป็นค่าของ Mutant Vector ตามเงื่อนไขในสมการ (6.2) หากมีค่ามากว่าค่าของ CR ให้ใช้ค่า Target Vector ค่าเดิม ตามเงื่อนไขในสมการ (6.3)

3) กระบวนการ Selection คือขั้นตอนการคัดเลือกประชากรในรุ่นต่อไป (G+1) โดยคัดเลือกเอาแต่เฉพาะ คำตอบที่ดีกว่า โดยการเปรียบเทียบผลของ Target Vector กับ Trial Vector ในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ได้ของ Trial Vector ต่ำกว่าหรือเท่ากับ (คำตอบดีกว่าหรือเท่ากับ) Target Vector จะถูกแทนที่ด้วย Trial Vector ในรุ่นต่อไป ดังสมการที่ (6.4)

$$X_{i,G+1} \begin{cases} U_{i,G+1} & \text{if } f(U_{i,G+1}) \le f(X_{i,G+1}) \\ X_{i,G} & \text{Otherwise} \end{cases} \quad i = 1,2,\ldots,n \qquad (6.4)$$

4) ทำการเลือก POP – Open กลางค่าใหม่ซึ่งสามารถดำเนินการได้ 2 แนวทางดังนี้

- การปรับค่า POP – Open โดยการใช้ค่าเฉลี่ยของสมการเป้าหมาย
- การปรับค่า POP – Open โดยการใช้ค่าที่ดีที่สุดในสมการเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ (ก และ ข) ที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 6.1 สมมุติว่าในแต่ละรุ่นของการวนซ้ำใน 20 โครโมโซม จะดำเนินตามขั้นตอนที่ 1 ในการปรับค่า POP – Open ซึ่ง POP – Open กลางจะมีค่าเท่ากับ 0.2 ซึ่งจะทำให้ได้ค่า 0.25 และ 0.15 ของค่า POP – Open ระดับบนและ POP – Open ระดับล่างตามลำดับ

ขั้นที่ 1 : แบ่งโครโมโซมทั้งหมดในหนึ่งประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม

ในตัวอย่างนี้มี 20 โครโมโซมถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มี 5 โครโมโซม กลุ่มที่ 2 มี 10 โครโมโซม และกลุ่มที่ 3 มี 5 โครโมโซม ซึ่งกลุ่มที่ 1 จะใช้ POP – Open บนมีค่าเท่ากับ 0.25 กลุ่มที่ 2 จะใช้ POP – Open กลางมีค่าเท่ากับ 0.2 กลุ่มที่ 3 จะใช้ POP – Open ล่างมีค่าเท่ากับ 0.15 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ค่าตัวเลขสุ่มของ 20 โครโมโซมที่ใช้ค่า POP-Open แตกต่างกัน

Pop-open	**chromosome**							
0.25	0.8	0.4	0.2	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.6	0.6	0.1	0.6	0.7	0.2	0.3
	0.8	0.2	0.6	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.2	0.4	0.8	0.7	0.6	0.2	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.4	0.7	0.6	0.1	0.4	0.2
0.2	0.8	0.4	0.5	0.2	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.7	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.2	0.7	0.2	0.7	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.2	0.7	0.6	0.9	0.4	0.2
	0.8	0.2	0.4	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.2	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.2	0.7	0.6	0.3	0.4	0.2
	0.1	0.4	0.9	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3

ตารางที่ 6.3 ค่าตัวเลขสุ่มของ 20 โครโมโซมที่ใช้ค่า POP-Open แตกต่างกัน (ต่อ)

Pop-open	**chromosome**							
0.2	0.8	0.4	0.1	0.7	0.2	0.5	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.4	0.7	0.6	0.1	0.4	0.2
0.15	0.8	0.4	0.8	0.2	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.1	0.7	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.2	0.4	0.9	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3
	0.8	0.4	0.6	0.7	0.6	0.1	0.4	0.2
	0.2	0.4	0.8	0.7	0.6	0.1	0.4	0.3

ขั้นที่ 2 : การดำเนินการทุกๆ โครโมโซมตามขั้นตอน Mutation, Recombination ตามในบทที่ 5 ดังภาพที่ 5.1

จากตารางที่ 6.10 มีค่าจำนวนจริงที่อยู่ในยีนส์ของแต่ละโครโมโซมที่จะใช้ในการตัดสินใจว่าเกษตรกรจะมีการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันโดยใช้ค่า POP-Open ที่แตกต่างกันเช่น เมื่อใช้ค่า POP – Open เท่ากับ 0.25 โครโมโซมที่ 1 ของกลุ่มนี้มีค่ายีนส์เป็น 0.8, 0.4, 0.2, 0.7, 0.6, 0.1, 0.4, 0.3 ดังนั้นพบว่ามียีนส์ที่มีค่าต่ำกว่า POP – Open 0.25 คือ 0.2 และ 0.1 ซึ่งตรงกับยีนส์ที่ 3 และ 6 จะถูกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน กลุ่มที่ 2 ที่มีค่า POP – Open เท่ากับ 0.2 โครโมโซมที่ 1 ของกลุ่มนี้มีค่ายีนส์เป็น 0.8, 0.4, 0.5, 0.2, 0.6, 0.1, 0.4, 0.3 ดังนั้นพบว่ามียีนส์ที่มีค่าต่ำกว่า POP – Open 0.2 มีเพียง 1 ค่า คือ 0.1 ซึ่งตรงกับยีนส์ที่ 6 จะถูกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน และกลุ่มที่ 3ที่มีค่า POP – Open เท่ากับ 0.15 โครโมโซมที่ 1 ของกลุ่มนี้มีค่ายีนส์เป็น 0.8, 0.4, 0.8, 0.2, 0.6, 0.1, 0.4, 0.3 ดังนั้นพบว่ามียีนส์ที่มีค่าต่ำกว่า POP – Open 0.15 มีเพียง 1 ค่า คือ 0.1 ซึ่งตรงกับซึ่งตรงกับยีนส์ที่ 6 จะถูกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 Binary value of real number จากตารางที่ 6.3 ที่กำหนดไว้ใน POP-OPEN

Pop-open	**chromosome**								**Fitness function**
0.25	0	0	1	0	0	1	0	0	90
	0	0	0	1	0	0	1	0	60
	0	1	0	0	0	1	0	0	50
	1	0	0	0	0	1	0	0	100
	0	0	0	0	0	1	0	1	85
0.2	0	0	0	1	0	1	0	0	80
	0	0	0	0	0	1	0	1	75
	0	0	1	0	1	0	0	0	40
	0	0	1	0	0	0	0	1	65
	0	1	0	0	0	1	0	0	85
	0	0	1	0	0	1	0	0	75
	0	0	1	0	0	0	0	1	80
	1	0	0	0	0	1	0	0	90
	0	0	1	0	1	0	0	0	40
	0	0	0	0	0	1	0	1	55
0.15	0	0	0	1	0	1	0	0	85
	0	1	0	0	0	1	0	0	35
	1	0	0	0	0	1	0	0	80
	0	0	0	0	0	1	0	1	75
	1	0	0	0	0	1	0	0	85

จากตารางที่ 6.4 นอกจากโครโมโซมที่แสดงการเปิดปิดของลานเทปาล์มน้ำมันในแต่ละโครโมโซมแล้วยังได้แสดง Fitness function ของแต่ละโครโมโซมอีกด้วย ซึ่งสมมุติว่าได้ผ่านกระบวนการในการมอบเกษตรกรที่ไม่ได้เปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันให้กับลานเทปาล์มน้ำมันนั้นๆ แล้วจะได้ค่า Fitness function ในคอลัมน์สุดท้ายเช่น โครโมโซมที่ 1 Fitness function เท่ากับ 90 กิโลเมตร

ขั้นที่ 3 : การหา POP-Open กลางใหม่ที่จะใช้ในรอบวนซ้ำถัดไปจะทำได้ 2 วิธีคือ

(1) การใช้ค่าเฉลี่ยของโครโมโซมในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม A (0.25) ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ 77 (90 + 60 + 50 + 100 + 85)

กลุ่ม B (0.2) ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ 68.5 (80 + 75 + 40 + 65 + 85 + 75 + 80 + 90 +40 + 55)

กลุ่ม C (0.15) ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ 72 (85 + 35 + 80 + 75 + 85)

จากตัวอย่างที่ 6.1 พบว่ากลุ่ม B เป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของค่าสมการเป้าหมายที่ต่ำที่สุดดังนั้นค่า POP-Open กลางในรอบถัดไปมีค่าเท่ากับ 0.2 ซึ่งเป็นค่า POP-Open ของกลุ่ม B ดังนั้นค่า POP-Open บนของรุ่นถัดไปจะมีค่าเท่ากับ 0.25 และ POP-Open ล่างจะมีค่าเท่ากับ 0.15

(2) การใช้ค่า min value ของสมการเป้าหมายในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม A (0.25) ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 กลุ่ม B (0.2) ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40 กลุ่ม C (0.15) ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35

ดังนั้นค่า POP-Open กลางในรอบถัดไปมีค่าเท่ากับ 0.15 ซึ่งคือค่า POP-Open ของกลุ่ม C โดยค่า POP-Open บนของรอบถัดไปมีค่าเท่ากับ 0.2 และ POP-Open ล่างมีค่าเท่ากับ 0.1

จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนที่ 6.2.2 การคำนวณหาค่า POP-Open กลางใหม่จะสามารถดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อได้มีการมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมันเรียบร้อยแล้วแต่ในตัวอย่างข้างต้นนั้นยังไม่ได้อธิบายวิธีการมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมันผู้วิจัยจึงขออธิบายในลำดับต่อไปนี้

6.3 การมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมัน

6.3.1 วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)

วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) ใช้เวกเตอร์เดียวกันกับวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) แต่จะมีการหาคำตอบเริ่มต้นที่แตกต่างกันตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ในขั้นตอนวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) จะนำวิธีการของ Roulette Wheel Selection เข้ามาช่วยในการหาคำตอบเริ่มต้นของกระบวนการตัวอย่างเช่นจากตารางที่ 6.2 ตำแหน่งที่ 3 และ 5 ถูกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันและตำแหน่งที่ 1, 2 และ 4 จะต้องพิจารณาส่งปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดซึ่งจะถูกกำหนดสัดส่วนในการส่งปาล์มน้ำมันว่าจะลงในตำแหน่งลานเทปาล์มที่ 3 หรือ 5 ซึ่งพิจารณาจากสัดส่วนการสุ่มของโครโมโซม ยีน 3 และ 5 มีค่า 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ จะได้ Cum POP = 0.3 ดังนั้นสัดส่วนน้ำหนักของลานเทปาล์มที่ 3 มีค่าเป็น 0.67 หรือ 0.2 / 0.3 และลานเทปาล์มที่ 5 มีค่าเป็น 0.33 หรือ 0.1 / 0.3

สมมุติว่าค่า POP - OPEN มีค่าเป็น 0.2 แสดงว่าค่า random number ของเกษตรกรรายที่เหลือจะมีค่ามากกว่า POP - OPEN (0.2) เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมกับการเลือกระหว่างลานเทปาล์มน้ำมันแต่ละลาน ดังนั้นค่าสัดส่วนของลานเทปาล์มน้ำมันจะเริ่มต้นที่ค่า POP - OPEN สามารถแสดงวิธีคิดสัดส่วนดังนี้

(1) 0 – POP - OPEN คือโอกาสในการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน

(2) POP - OPEN + (1- POP - OPEN) x สัดส่วนของเมืองที่ 3 ดังนี้ 0.2 + (1 - 0.2) x 0.67

(3) 0.2 + (1- POP - OPEN) x สัดส่วนของเมืองที่ 5 ดังนี้ 2 + (1- 0.2) x 0.33

จากตารางที่ 6.2 จะเห็นว่าค่าตัวเลขสุ่มในตำแหน่งของเกษตรกรรายที่ 1, 2, 3, 4, 5 มีค่าเท่ากับ 0.8, 0.4, 0.2, 0.7, 0.1 ตามลำดับซึ่งเกษตรกรรายที่ 3 และ 5 เปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันเนื่องจากมีค่าตัวเลขสุ่มน้อยกว่า POP OPENT (0.2) ดังนั้นเกษตรกรรายอื่นๆ จะต้องทำการส่งปาล์มน้ำมันให้กับเกษตรกรที่เปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน สรุปแล้วหากค่าตัวเลขสุ่ม ของเมืองใดที่จะทำการเลือกจากเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มตกอยู่ในช่วง 0.2 – 0.73 จะส่งปาล์มให้กับลานเทปาล์มน้ำมันที่ 3 และหากค่าตัวเลขสุ่มของเมืองใดตกในช่วง 0.731 – 1.00 จะส่งปาล์มน้ำมันให้กับลานเทปาล์มที่ 5 เช่นเกษตรกรที่ 1 มีค่าตัวเลขสุ่ม เท่ากับ 0.8 มีค่าอยู่ในช่วง 0.731 – 1.00 จึงทำการส่งให้กับลานเทปาล์มที่ 5 เกษตรกรที่ 2 มีค่าตัวเลขสุ่ม เท่ากับ 0.4 ซึ่งตกอยู่ในช่วง 0.2 – 0.73 จึงทำการ

ส่งให้กับลานเทปาล์มที่ 3 พิจารณาอย่างนี้ทุกลำดับของเกษตรกรจะได้ 3 ส่ง 3, 4 ส่ง 3 และ 5 ส่ง 5 โดยในการส่งนั้นจะต้องไม่เกินค่าความจุของลานเทปาล์มที่เปิดรับได้แสดงในตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.5 การจัดส่งแบบวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)

ตำแหน่งของลานเทปาล์มที่เปิด	**3**			**5**	
ตำแหน่งของเกษตรกร	3	2	4	5	1
ปริมาณปาล์มน้ำมัน	35	25	30	30	20
ผลรวมของปริมาณปาล์มน้ำมัน	90			50	

ดังนั้นในกระบวนการวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ผู้วิจัยได้อธิบายเป็นรหัสเทียม (Pseudo Code) ดังภาพที่ 6.3

Pseudo Code Modified Differential evolution (MODDE)

Start

ตั้งค่าเริ่มต้น F, Cr, ช่วงห่างของการปรับค่า POP – Open ตามกระบวนการ Evolutionary algorithm (6.4)

เมื่อ t $\leq$ Max Integration do

เมื่อ i $\leq$ N – POP do

- Mutation process ตามสมการที่ 6.1
- Recombination process ตามสมการที่ 6.2 และ 6.3 ดังนี้
  -กระบวนการประยุกต์วิธี Evolutionary algorithm ในการหาค่า POP – Open ตามหัวข้อ 6.2
- Selection process โดยทำการ evaluate ด้วยกระบวนการมอบหมายงานที่ได้อธิบายไว้ตามหัวข้อ 6.3.2

i= i +1

End do (i)

t=t+1

End do (t)

End

ภาพที่ 6.3 รหัสเทียมของวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)

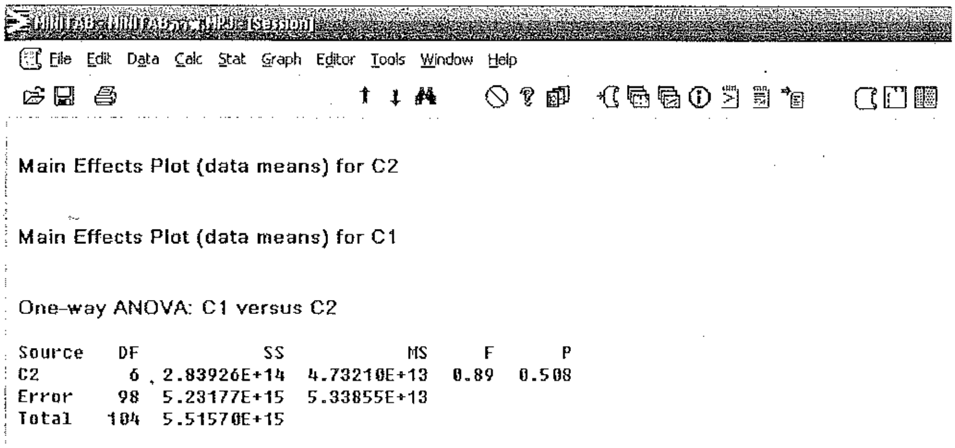
จากภาพที่ 6.3 แสดงรหัสเทียมของวิธีการ และลำดับขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบของวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ขั้นตอนแรกทำการกำหนดค่า F, Cr, และช่วงห่างในการกำหนดค่า POP – OPEN โดยการตั้งค่า F, Cr, และ POP – OPEN เมื่อจำนวนรอบยังน้อยกว่าหรือเท่ากับ Integration ให้ดำเนินการตามหัวข้อเมื่อ i $\leq$ N – POP do ซึ่งแปลว่าถ้า i $\leq$ N – POP do ให้ทุกโครโมโซมดำเนินการตามกระบวนการ Mutation process ตามสมการที่ 6.1 Recombination process ตามสมการที่ 6.2 และ 6.3 โดยกระบวนการประยุกต์วิธี Evolutionary algorithm ในการหาค่า POP – Open ตามหัวข้อ 6.2 และ Selection process โดยทำการ evaluate ด้วยกระบวนการมอบหมายงานที่ได้อธิบายไว้ตามหัวข้อ 6.3.2 เมื่อทุกโครโมโซมได้ทำการ Mutation process Recombination process และ Selection process ครบทุกโครโมโซมก็จะได้ Population ในรุ่นถัดไปแล้วทำการวนทุกรอบของจำนวน Iteration = Max Iteration เมื่อทำการวนซ้ำจนได้คำตอบแล้วให้ถือว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

6.4 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) และ Differential evolution (DE)

จากการใช้วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) ในการหาคำตอบผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ POP – Open ที่หาค่าที่เหมาะสมเองโดยอัตโนมัติเทียบกับการกำหนดค่า POP – Open ที่มีค่าดังต่อไปนี้ 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 โดยทดลองกับปัญหาตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นที่มีจำนวนเกษตรกรเท่ากับ 15 จำนวนโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.6 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ POP – Open แบบวิธีการ (MODDE)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	The configuration pop - open (Million baht)						The adjustable pop – open automatically (Million baht)	
				0.025	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	Min	Average
1	10	10	80	7,294,180	7,184,150	7,477,490	8,869,710	7,476,780	8,027,160	7,184,150	7,184,150
2	20	20	60	8,869,710	7,291,480	7,331,100	7,294,180	7,624,440	8,356,440	7,184,150	7,184,150
3	30	30	40	7,184,150	7,294,180	7,294,180	7,184,150	7,770,470	7,696,320	7,184,150	7,294,180
4	40	40	20	7,184,150	8,869,710	8,026,090	7,476,780	7,476,780	7,696,320	7,184,150	7,184,150
5	50	50	0	7,331,100	7,184,150	7,331,100	7,184,150	7,623,740	8,869,710	7,184,150	7,476,780
6	80	10	10	7,184,150	8,869,710	8,869,710	7,184,150	7,696,320	7,843,850	7,184,150	7,184,150
7	0	50	50	7,769,800	7,476,780	7,476,780	7,769,800	8,502,710	7,696,320	7,184,150	7,184,150
8	10	80	10	7,440,260	7,184,150	7,440,260	7,440,260	7,440,260	8,174,130	7,184,150	7,184,150
9	20	60	20	8,869,710	8,869,710	7,587,220	7,476,780	8,026,090	8,576,410	7,184,150	7,184,150
10	50	0	50	7,440,260	7,440,260	7,184,150	7,440,260	7,514,410	7,880,500	7,294,180	7,184,150
11	60	20	20	7,733,820	7,294,180	7,294,180	7,294,180	7,733,820	8,357,150	7,184,150	7,294,180
12	40	30	30	7,184,150	7,184,150	8,026,090	7,184,150	7,184,150	7,696,320	7,184,150	7,184,150
13	20	40	40	7,440,260	7,440,260	7,440,260	7,440,260	7,184,150	7,440,260	7,184,150	7,184,150
14	30	40	30	7,440,260	7,331,100	7,331,100	7,440,260	8,026,450	7,696,320	7,184,150	7,184,150
15	40	20	40	7,440,260	7,477,190	8,026,090	7,184,150	8,319,920	7,184,150	7,184,150	7,184,150
average				7,587,081	7,626,077	7,609,053	7,457,548	7,706,699	7,946,091	7,191,485	7,218,329



Main Effects Plot (data means) for C2

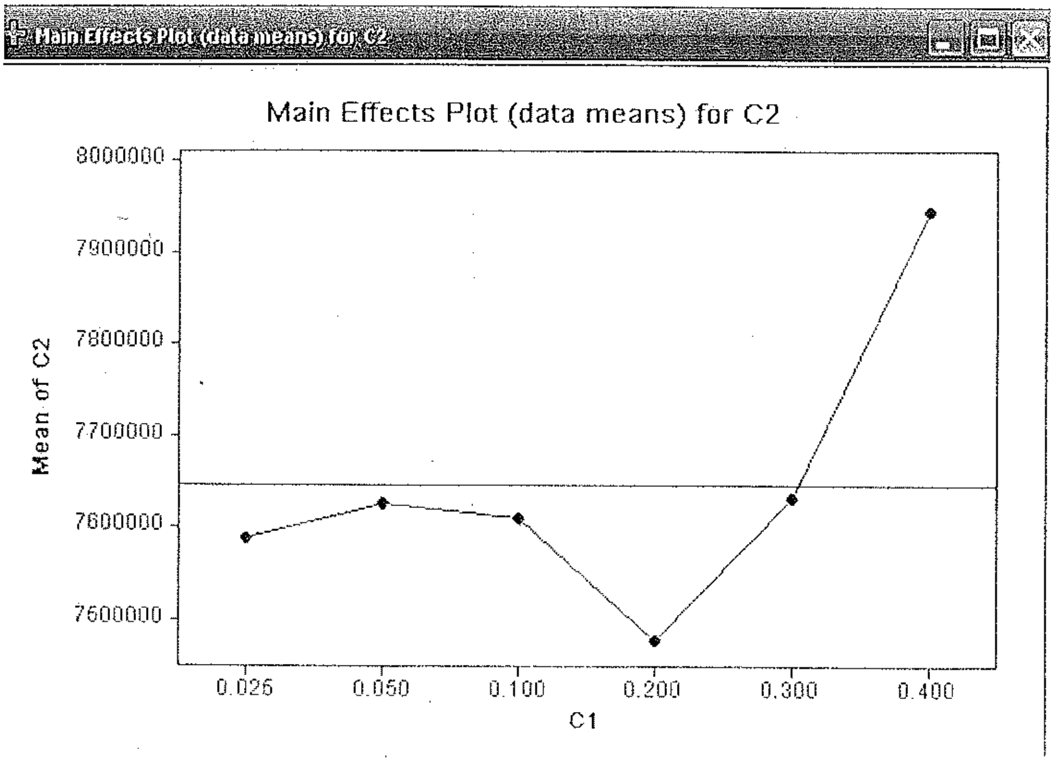
Main Effects Plot (data means) for C1

One-way ANOVA: C1 versus C2

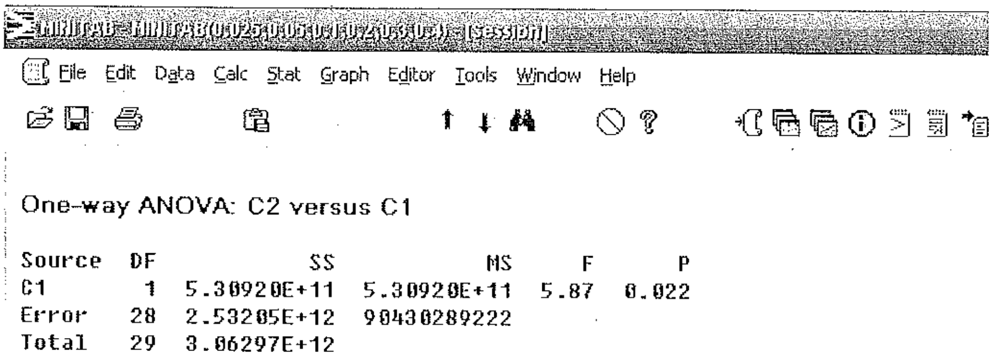
Source	DF	SS	MS	F	P
C2	6	2.83926E+14	4.73210E+13	0.89	0.508
Error	98	5.23177E+15	5.33855E+13		
Total	104	5.51570E+15			

ภาพที่ 6.4 ผลการทดลองด้วย Full factorial Design

จากนั้นใช้โปรแกรม MINITAB ในการตรวจสอบค่าทางสถิติระดับการเปลี่ยนแปลงการปรับค่า Level ของค่า POP – Open ตามตารางที่ 6.10 ซึ่งได้ผลดังภาพที่ 6.4 ซึ่งจากภาพที่ 6.4 พบว่าการเปลี่ยนแปลงการปรับค่า Level ของค่า POP – Open ด้วยวิธี DE (0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4) ไม่มีผลทำให้ค่าสมการเป้าหมายเปลี่ยนไปซึ่งจะยอมรับสมมุติฐานหลัก H_0: U1 = U2 = U3 = U4 = U5 และปฏิเสธสมมุติฐานรอง H_1: U1 $\neq$ U2 $\neq$ U3 $\neq$ U4 $\neq$ U5 ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.508 แต่อย่างไรก็ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่า POP – OPEN ในวิธี (DE) จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสมการเป้าหมาย แต่เมื่อพิจารณา Main Effects Plot พบว่าค่า POP – Open ที่ 0.200 ดังภาพที่ 6.5 มีค่าต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับในบทที่ 5 ดังนั้นจะใช้ POP – OPEN 0.200 เพื่อเปรียบเทียบกับวิธี (Mod DE) ซึ่งปรับค่า POP – Open เองอัตโนมัติ



ภาพที่ 6.5 ค่า Main Effects Polol ที่ได้จากการทดลอง

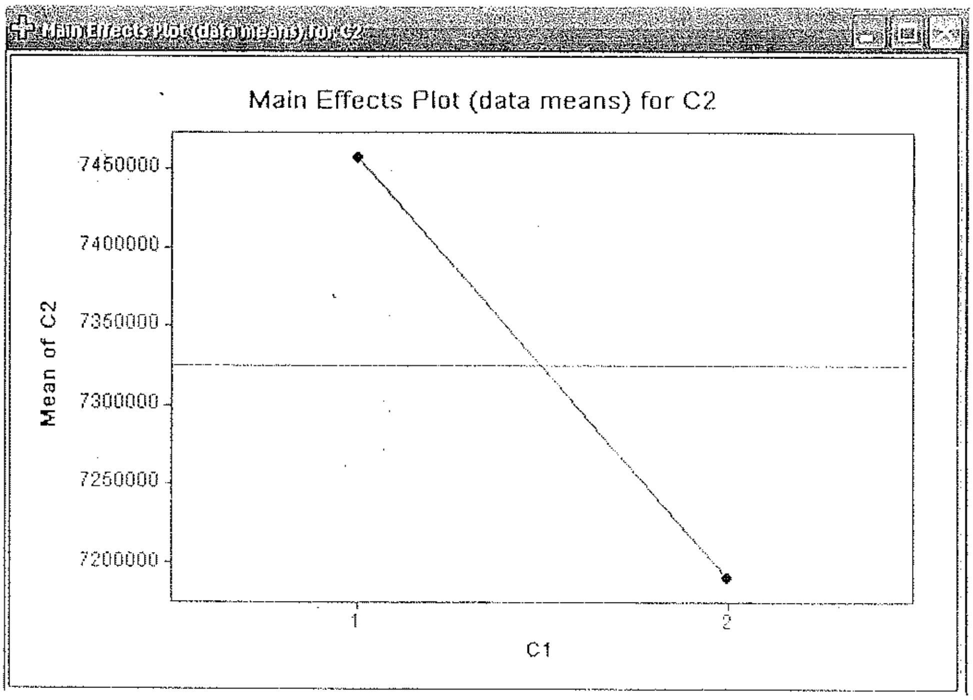


Source	DF	SS	MS	F	P
C1	1	5.30920E+11	5.30920E+11	5.87	0.022
Error	28	2.53205E+12	90430289222		
Total	29	3.06297E+12			

ภาพที่ 6.6 ผลการทดลองด้วย Full factorial Designการปรับ POP-OPEN เองอย่างอัตโนมัติ

จากนั้นใช้โปรแกรม MINITAB ในการตรวจสอบค่าทางสถิติระดับการเปลี่ยนแปลงการปรับค่า POP – Open เองอย่างอัตโนมัติ (Mod DE) ซึ่งได้ผลดังภาพที่ 6.6 ซึ่งจากภาพที่ 6.6 พบว่า การเปลี่ยนแปลงการปรับค่า POP – Open เองอย่างอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นเปรียบเทียบกับค่า Min ได้ผลดังตารางที่ 6.10 มีค่า p-value เป็น 0.022 จะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก H_0: U1 = U2 และยอมรับสมมุติฐานรอง H_1: U1 $\neq$ U2 ดังนั้นจะต้องไปตรวจสอบกับ Main Effects Plot ในภาพที่ 6.7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของต้นทุนของการปรับค่า POP – Open เองอย่างอัตโนมัติ ต่ำกว่าทั้งนี้ จากการพิจารณา

ตารางที่ 6.10 การใช้ค่า POP – Open เองอย่างอัตโนมัติจะพบค่าที่ดีที่สุด จำนวนมากที่สุด เนื่องจากสามารถปรับเองได้อย่างอัตโนมัติโดยที่ปกติแล้วถ้าปรับค่า POP – Open (DE) จะพบค่าที่ดีเหมือนกันแต่จะกระจายอยู่ตาม POP – Open ตามที่ต่างๆ แต่เมื่อ POP – Open ที่ปรับเองอย่างอัตโนมัติก็จะพบค่าที่ดีที่สุดเองอย่างอัตโนมัติ



ภาพที่ 6.7 ค่า Main Effects Polol ที่ได้จากการทดลองการปรับ POP-OPEN เองอย่างอัตโนมัติ

6.5 การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)

จากการใช้วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) ในการหาคำตอบผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ F, Cr โดยทดลองกับปัญหาตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นที่มีจำนวนเกษตรกรเท่ากับ 15 จำนวนโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1 จากวิธีการ Full factorial Design ซึ่งมีตัวแปร 2 ตัวแปร ตัวแปรแต่ละตัวแปรมี 3 ระดับ ได้แก่ ต่ำ กลาง และสูง ค่าตัวแปรแต่ละตัวแปรแสดงได้ดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.7 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรพารามิเตอร์	ต่ำ	กลาง	สูง
F	1	2	3
Cr	0.4	0.6	0.8

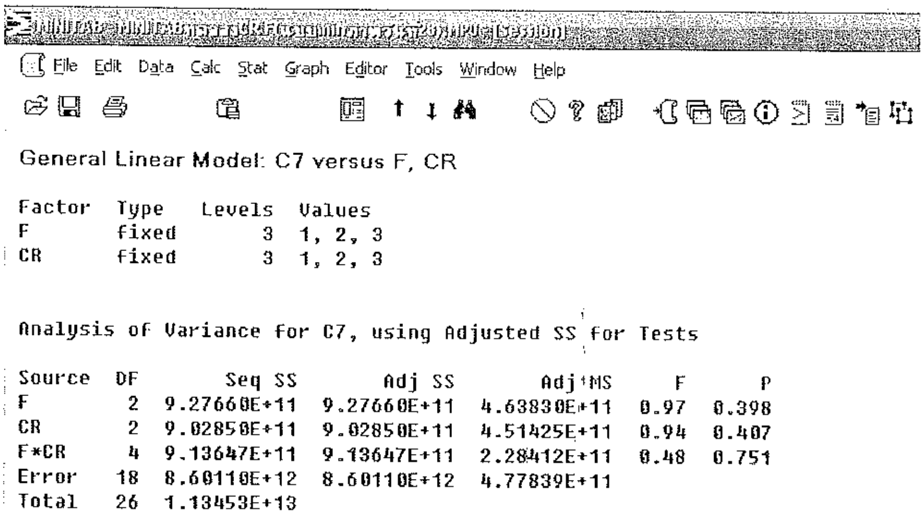
จากตารางที่ 6.7 ทดลองรันโปรแกรมด้วยวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ทั้งสิ้น 27 treatment โดยทดลองซ้ำ 2 ครั้งต่อ 1 Treatment รวมทั้งสิ้น 27 การทดลอง จะได้ผลดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง

ครั้งที่ 1	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบโดยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)		Function values of objective functions (Million baht)	
	F	Cr	Min	Average
1	1	0.4	9,309,570	8,869,700
2	3	0.6	9,932,840	7,476,780
3	1	0.6	8,906,370	8,576,180
4	3	0.6	7,696,890	8,026,890
5	2	0.8	8,064,000	8,035,090
6	2	0.6	8,283,400	7,807,050
7	3	0.4	7,733,820	8,063,100
8	3	0.4	7,842,850	8,319,920
9	1	0.4	7,769,820	8,356,780
10	2	0.4	9,309,220	8,576,550
11	2	0.8	8,063,440	8,576,180
12	3	0.6	8,320,050	8,063,440
13	1	0.6	8,063,100	7,843,850
14	2	0.6	8,576,180	7,733,820
15	3	0.8	7,476,780	7,843,850

ตารางที่ 6.8 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์กับปัญหาตัวอย่าง (ต่อ)

ครั้งที่ 1	ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบโดยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)		Function values of objective functions (Million baht)	
	F	Cr	Min	Average
16	2	0.8	8,467,000	7,440,260
17	2	0.4	7,770,530	7,843,850
18	3	0.8	7,514,410	8,906,180
19	1	0.8	7,513,710	7,843,850
20	1	0.6	9,053,200	8,502,710
21	2	0.4	9,309,300	7,769,820
22	2	0.6	8,430,330	7,770,530
23	3	0.4	8,283,210	8,796,710
24	3	0.8	8,612,840	7,513,710
25	1	0.8	8,649,600	7,587,220
26	1	0.8	9,053,200	8,833,040
27	1	0.4	9,052,810	8,173,150



General Linear Model: C7 versus F, CR

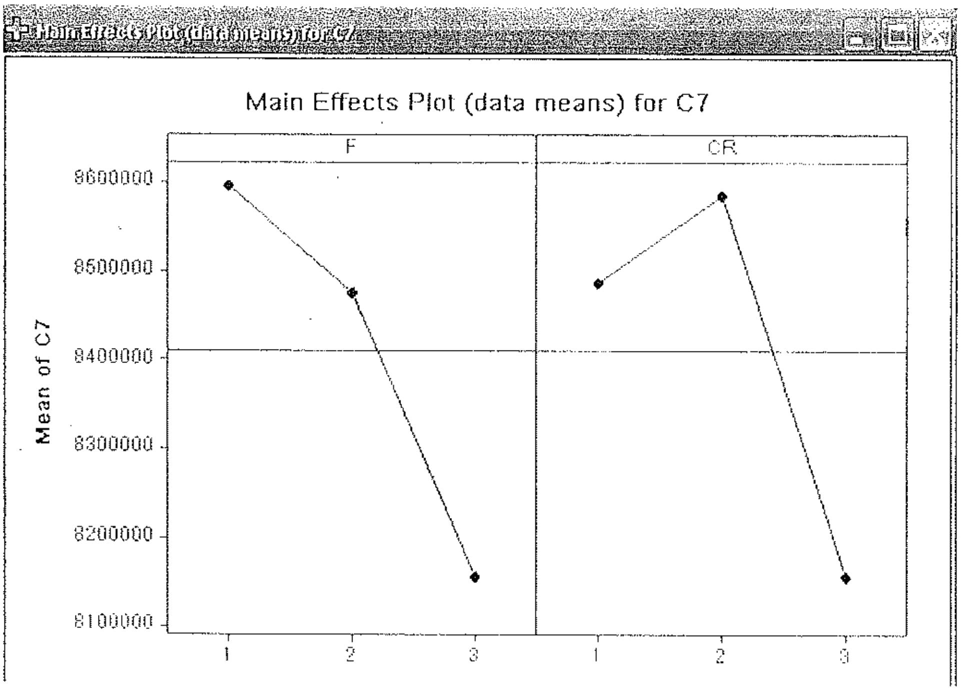
Factor	Type	Levels	Values
F	fixed	3	1, 2, 3
CR	fixed	3	1, 2, 3

Analysis of Variance for C7, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
F	2	9.27660E+11	9.27660E+11	4.63830E+11	0.97	0.398
CR	2	9.02850E+11	9.02850E+11	4.51425E+11	0.94	0.407
F*CR	4	9.13647E+11	9.13647E+11	2.28412E+11	0.48	0.751
Error	18	8.60110E+12	8.60110E+12	4.77839E+11		
Total	26	1.13453E+13				

ภาพที่ 6.8 ผลการทดลองด้วย Full factorial Design จากการทดลองพารามิเตอร์ F และ Cr แบบ Min

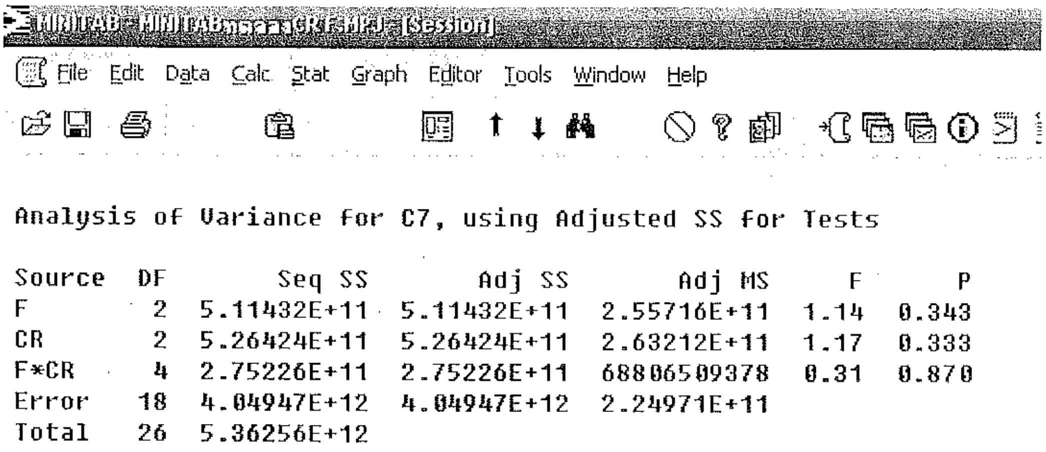
จากนั้นใช้โปรแกรม MINITAB ในการตรวจสอบค่าทางสถิติซึ่งได้ผลดังภาพที่ 6.8 ซึ่งจากภาพที่ 6.8 พบว่าตัวแปร F และ Cr ที่ใช้การทดลองแบบค่า Min ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสมการเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.398 และ 0.407 ตามลำดับ และจากการพิจารณากราฟ Main Effects Plot ดังแสดงในภาพที่ 6.9 ค่า F และ Cr ที่ให้ค่าสมการเป้าหมายต่ำที่สุดคือ F = 3 และ Cr = 0.8 จากภาพเดียวกันนี้ถึงแม้ค่า F และ Cr จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนค่าสมการเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาจาก main effect plot ผู้วิจัยจึงเลือก F = 3 และค่า Cr = 0.8 เป็นค่าตัวแปรที่จะใช้ในการทดสอบ Modified Differential evolution (MODDE) เทียบกับวิธีการอื่น เนื่องจากให้ค่าสมการเป้าหมายเฉลี่ยต่ำที่สุด ดังนั้นสามารถสรุประดับของปัจจัยต่างๆ ได้ดังตารางที่ 6.9



ภาพที่ 6.9 ค่า Main Effects Polol ที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 6.9 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบโดยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) แบบค่า Min

ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบโดยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)	
F	**Cr**
3	0.8

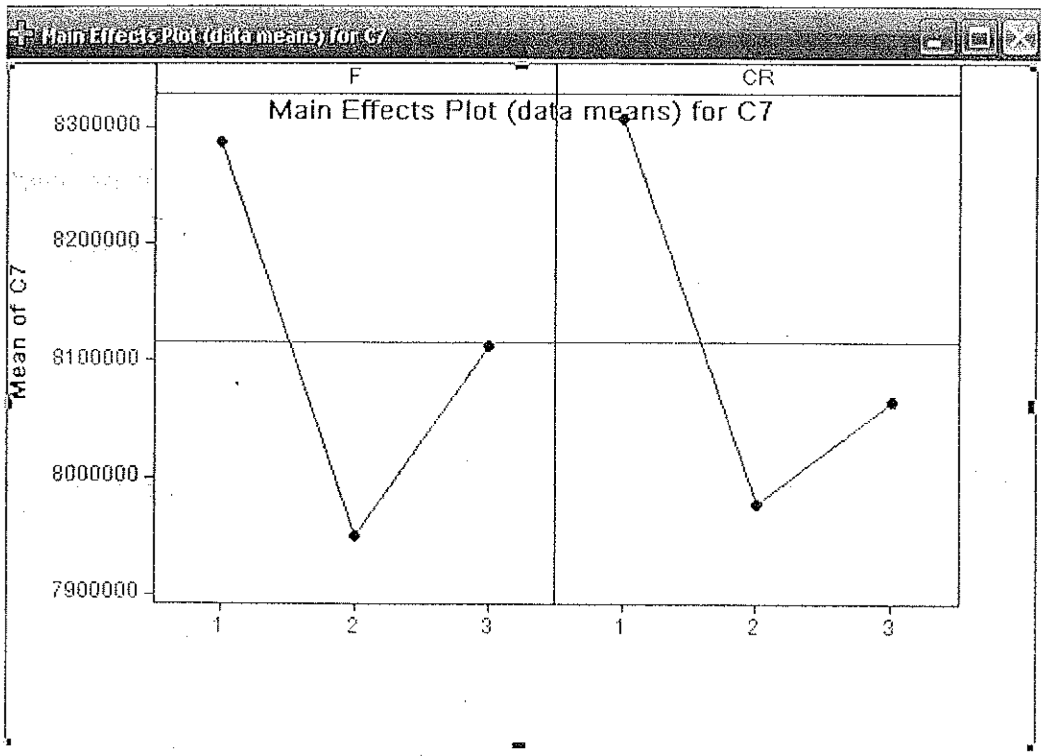


Analysis of Variance for C7, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
F	2	5.11432E+11	5.11432E+11	2.55716E+11	1.14	0.343
CR	2	5.26424E+11	5.26424E+11	2.63212E+11	1.17	0.333
F*CR	4	2.75226E+11	2.75226E+11	68806509378	0.31	0.870
Error	18	4.04947E+12	4.04947E+12	2.24971E+11		
Total	26	5.36256E+12				

ภาพที่ 6.10 ผลการทดลองด้วย Full factorial Design แบบค่า Average

จากนั้นใช้โปรแกรม MINITAB ในการตรวจสอบค่าทางสถิติซึ่งได้ผลดังภาพที่ 6.10 ซึ่งจากภาพที่ 6.10 พบว่าตัวแปร F และ Cr ที่ใช้การทดลองแบบค่า Average ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสมการเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.343 และ 0.333 ตามลำดับ และจากการพิจารณากราฟ Main Effects Plot ดังแสดงในภาพที่ 6.11 ค่า F และ Cr ที่ให้ค่าสมการเป้าหมายต่ำที่สุดคือ F = 2 และ Cr = 0.6 จากภาพเดียวกันนี้ถึงแม้ค่า F และ Cr จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนค่าสมการเป้าหมายอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาจาก main effect plot ผู้วิจัยจึงเลือก F = 2 และค่า Cr = 0.6 เป็นค่าตัวแปรที่จะใช้ในการทดสอบ Modified Differential evolution (MODDE) เทียบกับวิธีการอื่น เนื่องจากให้ค่าสมการเป้าหมายเฉลี่ยต่ำที่สุด ดังนั้นสามารถสรุประดับของปัจจัยต่างๆ ได้ดังตารางที่ 6.10



ภาพที่ 6.11 ค่า Main Effects Polol ที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 6.10 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบโดยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) แบบค่า Average

ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบโดยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)	
F	**Cr**
2	0.6

6.6 ผลการทดลองจากวิธี การ Modified Differential evolution (MODDE) กับตัวอย่างปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่

การใช้วิธีฮิวริสติก Modified Differential evolution (MODDE) มาประยุกต์ใช้เข้ากับปัญหาเพื่อหาค่าเหมาะสมของคำตอบ โดยได้พิจารณากับปัญหาตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ โดยการประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลแบบ Intel(R) core(TM) 2 Duo CPU 2.00 GHzs หน่วยความจำ (RAM) 1.00 GB เมื่อทำการทดลองประมวลผลดังตารางที่ 6.11 ซึ่งผลจากการประยุกต์ใช้ Modified Differential evolution (MODDE) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.12 – 6.19

ตารางที่ 6.11 สรุปขนาดของปัญหาที่ใช้ในการหาคำตอบด้วยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)

ขนาดของปัญหา	จำนวนเกษตรกร	จำนวนลานเทปาล์ม	จำนวนโรงงาน
ปัญหาขนาดเล็ก	5 (ชุดที่1)	5 (ชุดที่1)	1
	5 (ชุดที่2)	5 (ชุดที่2)	1
	10 (ชุดที่1)	10 (ชุดที่1)	1
	10 (ชุดที่2)	10 (ชุดที่2)	1
ปัญหาขนาดกลาง	15 (ชุดที่1)	15 (ชุดที่1)	1
	15 (ชุดที่2)	15 (ชุดที่2)	1
	20 (ชุดที่1)	20 (ชุดที่1)	1
	20 (ชุดที่2)	20 (ชุดที่2)	1
	30 (ชุดที่1)	30 (ชุดที่1)	1
	30 (ชุดที่2)	30 (ชุดที่2)	1
	40 (ชุดที่1)	40 (ชุดที่1)	1
	40 (ชุดที่2)	40 (ชุดที่2)	1
ปัญหาขนาดใหญ่	150 (ชุดที่1)	150 (ชุดที่1)	1
	200 (ชุดที่1)	200 (ชุดที่1)	1

ตารางที่ 6.12 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.953	1.753	1.856
2	20	20	60	7.60	7.60	7.60	7.60	3	1.985	1.922	1.967
3	30	30	40	7.60	7.60	7.60	7.60	4	1.922	1.853	1.890
4	40	40	20	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.950	1.906	1.943
5	50	50	0	7.60	7.60	7.60	7.60	3	1.938	1.062	1.567
6	80	10	10	7.60	7.60	7.60	7.60	4	2.000	1.931	1.997
7	0	50	50	7.60	7.60	7.60	7.60	1	0.078	0.034	0.045
8	10	80	10	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.953	1.922	1.942
9	20	60	20	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.969	1.845	1.897
10	50	0	50	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.954	1.896	1.900
11	60	20	20	7.60	7.60	7.60	7.60	3	2.000	1.938	1.989
12	40	30	30	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.985	1.922	1.975
13	20	40	40	7.60	7.60	7.60	7.60	3	1.957	1.922	1.935
14	30	40	30	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.953	1.920	1.934
15	40	20	40	7.60	7.60	7.60	7.60	2	1.954	1.906	1.928
average				7.6	7.6	7.6	7.6	2.466	1.836	1.715	1.784

ตารางที่ 6.13 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 5 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	6.21	6.21	6.21	6.21	4	1.938	1.922	1.930
2	20	20	60	6.21	6.21	6.21	6.21	4	1.937	1.905	1.912
3	30	30	40	6.21	6.21	6.21	6.21	3	1.954	1.863	1.923
4	40	40	20	6.21	6.21	6.21	6.21	2	1.938	1.816	1.925
5	50	50	0	6.21	6.21	6.21	6.21	2	1.938	1.900	1.924
6	80	10	10	6.21	6.21	6.21	6.21	3	1.938	1.838	1.930
7	0	50	50	6.21	6.21	6.21	6.21	1	0.079	0.044	0.056
8	10	80	10	6.21	6.21	6.21	6.21	4	1.984	1.938	1.945
9	20	60	20	6.21	6.21	6.21	6.21	4	1.938	1.930	1.934
10	50	0	50	6.21	6.21	6.21	6.21	5	1.969	1.869	1.890
11	60	20	20	6.21	6.21	6.21	6.21	3	1.938	1.920	1.934
12	40	30	30	6.21	6.21	6.21	6.21	2	1.907	1.900	1.905
13	20	40	40	6.21	6.21	6.21	6.21	3	1.922	1.910	1.916
14	30	40	30	6.21	6.21	6.21	6.21	3	1.954	1.943	1.949
15	40	20	40	6.21	6.21	6.21	6.21	2	1.953	1.890	1.900
average				6.21	6.21	6.21	6.21	3	1.819	1.772	1.798

ตารางที่ 6.14 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	13.42	13.43	13.43	13.43	60.15	2.922	2.890	2.897
2	20	20	60	13.42	13.43	13.43	13.43	54	2.859	2.753	2.840
3	30	30	40	13.42	13.43	13.43	13.43	60.07	2.875	2.759	2.798
4	40	40	20	13.42	13.43	13.43	13.43	57	2.820	2.737	2.745
5	50	50	0	13.42	13.43	13.43	13.43	60.02	2.970	2.890	2.897
6	80	10	10	13.42	13.43	13.43	13.43	60.20	2.891	2.790	2.798
7	0	50	50	13.42	13.43	13.43	13.43	3	2.875	2.722	2.755
8	10	80	10	13.42	13.43	13.43	13.43	56	2.875	2.790	2.798
9	20	60	20	13.42	13.43	13.43	13.43	42	2.891	2.859	2.890
10	50	0	50	13.42	13.43	13.43	13.43	52	2.906	2.838	2.845
11	60	20	20	13.42	13.43	13.43	13.43	57	3.016	2.891	2.900
12	40	30	30	13.42	13.43	13.43	13.43	12	2.859	2.759	2.842
13	20	40	40	13.42	13.43	13.43	13.43	60.02	2.875	2.775	2.800
14	30	40	30	13.42	13.43	13.43	13.43	60.19	2.970	2.790	2.845
15	40	20	40	13.42	13.43	13.43	13.43	51	2.860	2.707	2.789
average				13.42	13.43	13.43	13.43	49.643	2.897	2.796	2.829

ตารางที่ 6.15 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดเล็ก MSMOL ขนาดข้อมูล 10 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	,80	13.31	13.34	13.32	13.32	60.03	3.311	2.936	2.897
2	20	20	60	13.31	13.32	13.32	13.32	60.05	2.953	2.874	2.885
3	30	30	40	13.31	13.57	13.32	13.32	60.06	3.063	2.891	2.898
4	40	40	20	13.31	13.31	13.33	13.33	60.11	3.079	2.938	2.978
5	50	50	0	13.31	13.31	13.31	13.31	60.34	3.063	2.981	2.997
6	80	10	10	13.31	13.31	13.31	13.31	60.05	2.968	2.906	2.998
7	0	50	50	13.31	13.56	13.52	13.52	4.00	3.000	2.953	2.989
8	10	80	10	13.31	13.31	13.31	13.31	60.12	3.000	2.894	2.900
9	20	60	20	13.31	13.32	13.31	13.31	60.06	2.969	2.891	2.920
10	50	0	50	13.31	13.32	13.38	13.37	60.18	3.016	2.906	3.000
11	60	20	20	13.31	13.31	13.32	13.31	60.11	2.984	2.922	2.965
12	40	30	30	13.31	13.32	13.31	13.31	60.18	2.953	2.880	2.890
13	20	40	40	13.31	13.32	13.32	13.32	60.20	2.968	2.906	2.945
14	30	40	30	13.31	13.32	13.31	13.31	60.12	3.013	2.910	2.945
15	40	20	40	13.31	13.32	13.31	13.31	60.14	2.953	2.844	2.889
average				13.31	13.350	13.333	13.332	56.383	3.019	2.908	2.939

ตารางที่ 6.16 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	14.49	14.49	14.48	14.48	120.28	4.000	3.937	3.945
2	20	20	60	14.49	14.91	14.90	14.90	240.59	3.906	3.836	3.865
3	30	30	40	14.49	14.49	14.49	14.49	180.38	3.953	3.840	3.898
4	40	40	20	14.49	14.49	14.49	14.49	180.54	4.047	3.920	3.935
5	50	50	0	14.49	14.49	14.49	14.49	240.11	3.922	3.882	3.915
6	80	10	10	14.49	14.49	14.49	14.49	180.25	3.921	3.852	3.875
7	0	50	50	14.49	14.49	14.49	14.49	4	3.938	3.069	3.125
8	10	80	10	14.49	14.49	14.49	14.49	180.23	3.907	3.852	3.898
9	20	60	20	14.49	14.49	14.49	14.49	120.59	3.890	3.769	3.798
10	50	0	50	14.49	14.49	14.49	14.49	120.14	3.938	3.884	3.923
11	60	20	20	14.49	14.49	14.49	14.49	180.43	3.875	3.837	3.843
12	40	30	30	14.49	14.49	14.49	14.49	180.40	3.891	3.768	3.790
13	20	40	40	14.49	14.49	14.49	14.49	180.04	3.875	3.016	3.235
14	30	40	30	14.49	14.49	14.49	14.49	180.21	3.875	3.869	3.872
15	40	20	40	14.49	14.49	14.49	14.49	180.12	3.875	3.858	3.861
average				14.49	14.518	14.516	14.516	164.554	3.920	3.745	3.785

ตารางที่ 6.17 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 15 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	15.48	15.48	15.47	15.47	130.29	4.012	3.567	3.687
2	20	20	60	15.48	15.48	15.48	15.48	240.59	3.809	3.642	3.742
3	30	30	40	15.48	15.52	15.52	15.52	180.38	3.953	3.845	3.857
4	40	40	20	15.48	15.48	15.48	15.48	180.60	4.047	3.957	3.987
5	50	50	0	15.48	15.48	15.48	15.48	240.12	3.912	3.786	3.824
6	80	10	10	15.48	15.48	15.48	15.48	180.35	3.921	3.845	3.920
7	0	50	50	15.48	15.51	15.48	15.48	5	3.938	3.876	3.912
8	10	80	10	15.48	15.48	15.48	15.48	180.23	3.907	3.789	3.871
9	20	60	20	15.48	15.48	15.48	15.48	120.59	3.890	3.765	3.880
10	50	0	50	15.48	15.50	15.48	15.48	120.24	3.938	3.878	3.898
11	60	20	20	15.48	15.48	15.48	15.48	180.43	3.875	3.745	3.860
12	40	30	30	15.48	15.48	15.48	15.48	180.40	3.891	3.789	3.842
13	20	40	40	15.48	15.48	15.48	15.48	180.04	3.875	3.765	3.860
14	30	40	30	15.48	15.48	15.48	15.48	180.21	3.875	3.872	3.874
15	40	20	40	15.48	15.48	15.48	15.48	180.12	3.875	3.870	3.873
average				15.48	15.486	15.482	15.482	165.306	3.914	3.799	3.859

ตารางที่ 6.18 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	12.03	12.04	12.03	12.03	480.20	1.11	1	1.08
2	20	20	60	12.03	12.04	12.03	12.03	540.10	1.109	1.08	1.09
3	30	30	40	12.03	12.04	12.03	12.03	600.03	1.078	1.06	1.063
4	40	40	20	12.03	12.04	12.03	12.03	480.25	1.078	1.06	1.067
5	50	50	0	12.03	12.03	12.03	12.03	540.25	1.094	1.05	1.078
6	80	10	10	12.03	12.03	12.03	12.03	300.43	1.203	1.12	1.14
7	0	50	50	12.03	12.03	12.04	12.04	10	1.094	1.08	1.090
8	10	80	10	12.03	12.03	12.03	12.03	480.09	1.11	1.01	1.024
9	20	60	20	12.03	12.03	12.03	12.03	300.45	1.109	1	1
10	50	0	50	12.03	12.03	12.03	12.03	360	1.094	1	1.084
11	60	20	20	12.03	12.03	12.03	12.03	300.35	1.109	1	1
12	40	30	30	12.03	12.03	12.03	12.03	420.56	1.109	1	1.108
13	20	40	40	12.03	12.03	12.03	12.03	480.01	1.109	1.08	1.088
14	30	40	30	12.03	12.03	12.03	12.03	600.02	1.094	1.07	1.07
15	40	20	40	12.03	12.03	12.04	12.04	420.27	1.11	1	1
average				12.03	12.032	12.031	12.031	420.867	1.107	1.040	1.065

ตารางที่ 6.19 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 20 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	13.32	13.32	13.32	13.32	540.17	1.109	1.1	1.105
2	20	20	60	13.32	13.32	13.32	13.32	490.17	1.11	1	1.10
3	30	30	40	13.32	13.32	13.32	13.32	360.54	1.109	1.02	1.04
4	40	40	20	13.32	13.32	13.32	13.32	490.49	1.109	1.04	1.06
5	50	50	0	13.32	13.32	13.32	13.32	480.37	1.109	1.06	1.08
6	80	10	10	13.32	13.32	13.35	13.35	420.45	1.109	1	1
7	0	50	50	13.32	13.32	13.32	13.32	10	1.094	1	1
8	10	80	10	13.32	13.32	13.32	13.32	420.33	1.094	1	1
9	20	60	20	13.32	13.32	13.32	13.32	420.21	1.094	1	1
10	50	0	50	13.32	13.35	13.34	13.34	300.37	1.079	1.04	1.06
11	60	20	20	13.32	13.34	13.32	13.32	420.29	1.109	1.02	1.01
12	40	30	30	13.32	13.33	13.32	13.32	420.28	1.094	1	1.08
13	20	40	40	13.32	13.32	13.32	13.32	420.29	1.11	1	1.10
14	30	40	30	13.32	13.32	13.32	13.32	420.35	1.094	1	1.07
15	40	20	40	13.32	13.32	13.32	13.32	300.33	1.11	1	1.10
average				13.32	13.324	13.323	13.323	394.309	1.102	1.018	1.053

ตารางที่ 6.20 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	12.66	12.66	12.66	12.66	1800.34	2.719	2.54	2.65
2	20	20	60	12.66	12.66	12.66	12.66	2400.24	2.709	2.56	2.69
3	30	30	40	12.66	12.68	12.68	12.68	1980.11	2.742	2.61	2.71
4	40	40	20	12.66	12.66	12.66	12.66	2820.56	2.742	2.42	2.73
5	50	50	0	12.66	12.66	12.66	12.66	2940.20	2.80	2.74	2.79
6	80	10	10	12.66	12.66	12.66	12.66	2700.30	2.456	2.22	2.34
7	0	50	50	12.66	12.69	12.69	12.69	2940.54	2.687	2.58	2.60
8	10	80	10	12.66	12.66	12.66	12.66	1800.25	2.942	2.87	2.941
9	20	60	20	12.66	12.66	12.66	12.66	2880.27	2.781	2.70	2.76
10	50	0	50	12.66	12.66	12.66	12.66	2760.20	2.754	2.65	2.74
11	60	20	20	12.66	12.66	12.66	12.66	2640.41	2.756	2.64	2.72
12	40	30	30	12.66	12.66	12.66	12.66	2880.30	2.786	2.71	2.77
13	20	40	40	12.66	12.66	12.66	12.66	2400.26	2.754	2.72	2.74
14	30	40	30	12.66	12.66	12.66	12.66	2460.52	2.987	2.82	2.901
15	40	20	40	12.66	12.67	12.67	12.67	2400.12	2.897	2.87	2.882
average				12.66	12.664	12.664	12.664	2520.308	2.767	2.643	2.730

ตารางที่ 6.21 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 30 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	14.09	14.09	14.09	14.09	2640.08	2.712	2.542	2.642
2	20	20	60	14.09	14.09	14.09	14.09	2760.08	2.703	2.678	2.710
3	30	30	40	14.09	14.09	14.09	14.09	2701	2.714	2.687	2.712
4	40	40	20	14.09	14.09	14.09	14.09	2580.20	2.720	2.697	2.714
5	50	50	0	14.09	14.09	14.09	14.09	2400.42	2.842	2.742	2.784
6	80	10	10	14.09	14.15	14.10	14.10	2820.24	2.942	2.812	2.856
7	0	50	50	14.09	14.12	14.09	14.09	2820.56	2.715	2.610	2.657
8	10	80	10	14.09	14.17	14.17	14.17	2940.54	2.767	2.614	2.657
9	20	60	20	14.09	14.09	14.09	14.09	2940.52	2.842	2.712	2.715
10	50	0	50	14.09	14.09	14.09	14.09	2880.25	2.742	2.612	2.665
11	60	20	20	14.09	14.09	14.09	14.09	2820.35	2.718	2.658	2.697
12	40	30	30	14.09	14.09	14.09	14.09	2880.45	2.715	2.615	2.620
13	20	40	40	14.09	14.09	14.09	14.09	2940.42	2.842	2.742	2.750
14	30	40	30	14.09	14.09	14.09	14.09	2400.24	2.942	2.812	2.830
15	40	20	40	14.09	14.09	14.09	14.09	2640.41	2.942	2.842	2.850
average				14.09	14.101	14.096	14.096	2744.384	2.790	2.691	2.72

ตารางที่ 6.22 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	16.22	16.22	16.22	16.22	3900.42	5.641	5.12	5.24
2	20	20	60	16.22	16.22	16.22	16.22	3900.45	5.427	5.2	5.23
3	30	30	40	16.22	16.22	16.22	16.22	3960	5.742	5.12	5.18
4	40	40	20	16.22	16.24	16.22	16.22	4020.24	5.641	5.42	5.55
5	50	50	0	16.22	16.25	16.25	16.25	4080.54	5.784	5.51	5.61
6	80	10	10	16.22	16.22	16.22	16.22	4200.24	5.724	5.62	5.71
7	0	50	50	16.22	16.22	16.22	16.22	4080.26	5.425	5.12	5.23
8	10	80	10	16.22	16.26	16.24	16.24	4020.42	5.678	5.56	5.62
9	20	60	20	16.22	16.22	16.22	16.22	4020.54	5.781	5.7	5.72
10	50	0	50	16.22	16.22	16.22	16.22	4080.24	5.429	5.12	5.32
11	60	20	20	16.22	16.22	16.22	16.22	4140.20	5.212	5.10	5.20
12	40	30	30	16.22	16.22	16.22	16.22	4200.12	5.242	5.21	5.22
13	20	40	40	16.22	16.22	16.22	16.22	4260.24	5.482	5.34	5.47
14	30	40	30	16.22	16.22	16.22	16.22	4140.57	5.581	5.42	5.58
15	40	20	40	16.22	16.22	16.22	16.22	3960.54	5.241	5.12	5.21
average				16.22	16.226	16.223	16.223	4064.335	5.535	5.312	5.406

ตารางที่ 6.23 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดกลาง MSMOL ขนาดข้อมูล 40 (ชุดที่ 2)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)				Run time (ss)			
				LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	LINGO	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	20.50	20.50	20.50	20.50	4500.25	5.608	5.12	5.20
2	20	20	60	20.50	20.50	20.50	20.50	4500.48	5.704	5.42	5.54
3	30	30	40	20.50	20.50	20.50	20.50	4740.54	5.642	5.36	5.56
4	40	40	20	20.50	20.50	20.50	20.50	4800.56	5.748	5.54	5.60
5	50	50	0	20.50	20.50	20.50	20.50	4860.21	5.756	5.34	5.58
6	80	10	10	20.50	20.50	20.50	20.50	4920.45	5.453	5.28	5.39
7	0	50	50	20.50	20.54	20.54	20.54	4980.58	6.940	6.19	6.78
8	10	80	10	20.50	20.52	20.52	20.52	5640.28	6.987	6.87	6.90
9	20	60	20	20.50	20.51	20.51	20.51	5700.20	6.457	6.20	6.34
10	50	0	50	20.50	20.50	20.50	20.50	4500.25	5.497	5.21	5.35
11	60	20	20	20.50	20.50	20.50	20.50	4500.35	5.460	5.23	5.40
12	40	30	30	20.50	20.50	20.50	20.50	4500.45	5.767	5.62	5.72
13	20	40	40	20.50	20.50	20.50	20.50	4740.21	5.871	5.71	5.79
14	30	40	30	20.50	20.50	20.50	20.50	4740.28	5.428	5.23	5.41
15	40	20	40	20.50	20.50	20.50	20.50	4740.48	5.464	5.21	5.38
average				20.5	20.504	20.504	20.504	4824.371	5.852	5.568	5.729

ตารางที่ 6.24 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 150 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)			Run time (ss)		
				DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	3.5	3.5	3.5	147.75	50.375	52.465
2	20	20	60	3.5	3.5	3.5	136.046	50.235	51.345
3	30	30	40	3.5	3.5	3.5	134.437	50.391	51.534
4	40	40	20	3.5	3.5	3.5	145.093	52.375	52.675
5	50	50	0	3.5	3.5	3.5	130.156	55.391	55.439
6	80	10	10	3.5	3.5	3.5	131.687	52.703	52.854
7	0	50	50	3.5	3.5	3.5	254.127	54.282	54.987
8	10	80	10	3.5	3.5	3.5	143.422	54.016	54.236
9	20	60	20	3.5	3.5	3.5	140.812	53.078	53.268
10	50	0	50	3.5	3.5	3.5	135.766	55.703	55.753
11	60	20	20	3.5	3.5	3.5	135.625	52.688	52.789
12	40	30	30	3.5	3.5	3.5	142.172	53.125	53.235
13	20	40	40	3.5	3.5	3.5	136.328	52.672	52.765
14	30	40	30	3.5	3.5	3.5	141.641	51.110	51.234
15	40	20	40	3.5	3.5	3.5	133	50.187	50.345
average				3.5	3.5	3.5	145.870	52.555	52.994

ตารางที่ 6.25 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาขนาดใหญ่ MSMOL ขนาดข้อมูล 200 (ชุดที่ 1)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Function values of objective functions (Million baht)			Run time (ss)		
				DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	3.5	3.5	3.5	345.453	92.031	94.231
2	20	20	60	3.5	3.5	3.5	329.844	92.297	95.200
3	30	30	40	3.5	3.5	3.5	337.687	93.922	96.457
4	40	40	20	3.5	3.5	3.5	334.453	96.703	96.879
5	50	50	0	3.5	3.5	3.5	341.922	98.125	98.356
6	80	10	10	3.5	3.5	3.5	328.594	93.468	93.567
7	0	50	50	3.5	3.5	3.5	749.328	92.266	92.788
8	10	80	10	3.5	3.5	3.5	321.859	94.250	94.290
9	20	60	20	3.5	3.5	3.5	321.031	93.688	93.798
10	50	0	50	3.5	3.5	3.5	324.188	96.062	96.125
11	60	20	20	3.5	3.5	3.5	321.156	97.782	97.897
12	40	30	30	3.5	3.5	3.5	320.828	95.703	95.756
13	20	40	40	3.5	3.5	3.5	335.25	87.500	87.756
14	30	40	30	3.5	3.5	3.5	353.765	90.657	91.657
15	40	20	40	3.5	3.5	3.5	326.938	89.906	90.123
average				3.5	3.5	3.5	359.486	93.624	94.325

จากผลคำตอบที่ได้จากการประมวลผลกับปัญหาขนาดเล็กขนาด 5 (ชุดที่ 1) 5 (ชุดที่ 2) 10 (ชุดที่ 1), 10 (ชุดที่ 2) ปัญหาขนาดกลาง 15 (ชุดที่ 1) 15 (ชุดที่ 2) 20 (ชุดที่ 1) 20 (ชุดที่ 2) 30 (ชุดที่ 1) 30 (ชุดที่ 2) 40 (ชุดที่ 1) 40 (ชุดที่ 2) พอจะสรุปได้ดังตารางที่ 6.26 ปัญหาขนาดใหญ่ 150 (ชุดที่ 1) 200 (ชุดที่ 1) พอจะสรุปได้ดังตารางที่ 6.27

ตารางที่ 6.26 สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาขนาดเล็ก และขนาดกลาง

กรณีปัญหาตัวอย่าง	%ในการพบคำตอบ optmal	%ความแตกต่างของผลระหว่างโปรแกรม LINGO V.11 กับ DE	%ความแตกต่างของผลระหว่างโปรแกรม LINGO V 11 กับ Mod. DE	%ความแตกต่างของผลระหว่าง DE กับ Mod. DE
5 (ชุดที่ 1)	100	0	0	0
5 (ชุดที่ 2)	100	0	0	0
10 (ชุดที่ 1)	0	0.0745	0.0745	0
10 (ชุดที่ 2)	0	0.3056	0.0952	0.1301
15 (ชุดที่ 1)	86.66	0.1932	0.1841	0.0092
15 (ชุดที่ 2)	86.66	0.0388	0.1794	0.0138
20 (ชุดที่ 1)	86.66	0.0166	0.0083	0.0083
20 (ชุดที่ 2)	86.66	0.0003	0.0225	0.0075
30 (ชุดที่ 1)	80	0.0316	0.0316	0
30 (ชุดที่ 2)	86.66	0.0781	0.0426	0.0355
40 (ชุดที่ 1)	86.66	0.0370	0.0185	0.0185
40 (ชุดที่ 2)	80	0.0195	0.0195	0

ตารางที่ 6.27 สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาขนาดใหญ่

กรณีปัญหาตัวอย่าง	%ในการพบคำตอบ Best Solution	%ความแตกต่างของผลระหว่าง DE กับ Mod. DE
150 (ชุดที่ 1)	100	2.4436
200 (ชุดที่ 1)	100	2.9416

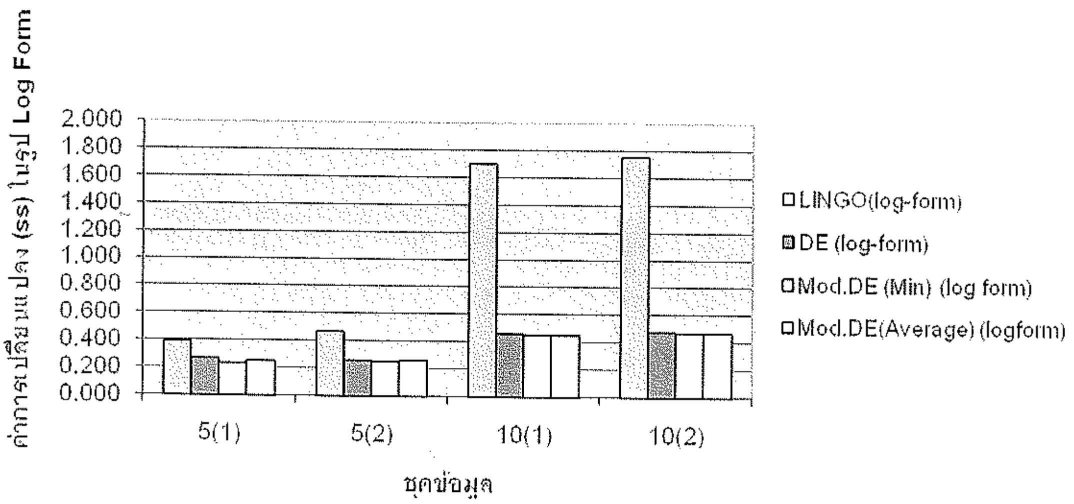
วิธี Mod Differential evolution (MODDE) สามารถพบ Optimum Solution ของจำนวนปัญหาตัวอย่างทั้งหมด (180 ตัวอย่าง) โดยปัญหาขนาดเล็กที่สุด 5 (ชุดที่ 1), 5 (ชุดที่ 2) สามารถพบ Optimization Solution ได้ 100% ของจำนวนตัวอย่างทดสอบ ส่วนขนาด 10 (ชุดที่ 1), 10 (ชุดที่ 2) ไม่สามารถพบ Optimization Solutionได้ถึงแม้จะไม่สามารถพบคำตอบ optimal solution แต่คำตอบที่พบก็มีความแตกต่างจาก Optimization Solution เพียง 0.0745% และ 0.0952% ตามลำดับ เท่านั้น ส่วนปัญหาขนาดกลาง 15 (ชุดที่ 1), 15 (ชุดที่ 2), 20 (ชุดที่ 1), 20 (ชุดที่ 2) สามารถพบ Optimization Solution ได้ถึง 86.66% ส่วนอีก 13.34% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.1841%, 0.1794%, 0.0083%, 0.0225% ตามลำดับ เท่านั้น ส่วนปัญหาขนาด 30 (ชุดที่ 1) สามารถพบ Optimization Solution ได้ถึง 80% ส่วนอีก 20% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.0316% เท่านั้น ปัญหาขนาด 30 (ชุดที่ 2) สามารถพบ Optimization Solution ได้ถึง 86.66% ส่วนอีก 13.34% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.0426% เท่านั้น ปัญหาขนาด 40 (ชุดที่ 1) สามารถพบ Optimization Solution ได้ถึง 86.66% ส่วนอีก 13.34% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.0185% เท่านั้น ปัญหาขนาด 40 (ชุดที่ 2) สามารถพบ Optimization Solution ได้ถึง 80% ส่วนอีก 20% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.0195% เท่านั้น และเมื่อนำผลที่ได้จาก วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาเทียบกับวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Optimization Solution ดังตารางที่ 6.26 ซึ่งจะเห็นว่าวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ไม่ว่าจะเป็นแบบ Min หรือแบบ Average ก็เหมือนกันในการหาคำตอบที่ดีที่สุดดังตารางที่ผลการทดลองที่ 6.12 – 6.23 และตารางสรุปผลที่ 6.26

ส่วนในปัญหาขนาดใหญ่นั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) และ วิธีModified Differential evolution

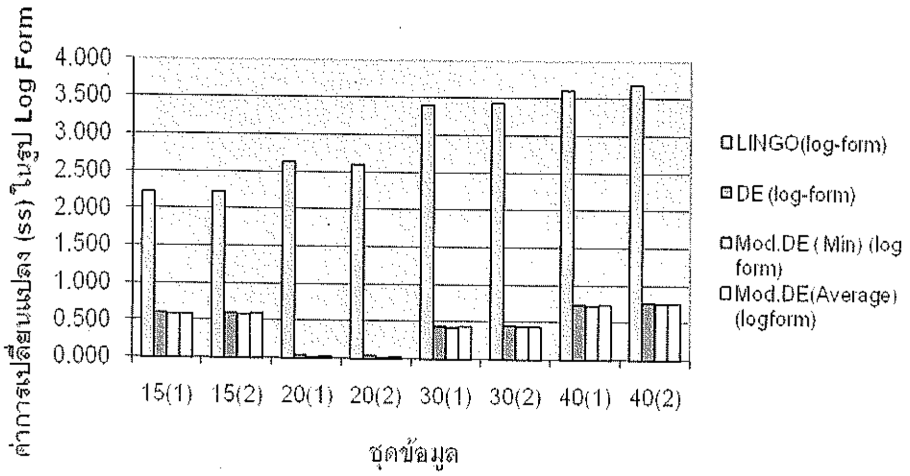
(MODDE) ซึ่งมีขนาดจำนวนข้อมูลมากพอควร สามารถพบว่า Best Solution โดยเฉลี่ย 100% ของจำนวนปัญหาตัวอย่างทั้งหมด (30 ตัวอย่าง) โดยทุกปัญหา 150 (ชุดที่ 1) และ 200 (ชุดที่ 1) สามารถพบ Best Solution ได้ 100% ของจำนวนตัวอย่างทดสอบ แต่คำตอบที่พบก็มีความแตกต่างจาก Best Solution เพียง 2.4436% และ 2.9416% ตามลำดับ เท่านั้น โดยเฉลี่ยในการทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างทั้งหมดนี้วิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Best Solution ดีกว่าวิธี Differential evolution (DE) ถึง 2.9626 %ดังตารางที่ผลการทดลองที่ 6.24 – 6.25 และตารางสรุปผลที่ 6.27

ตารางที่ 6.28 สรุปผลของเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบในวิธีการต่างๆ

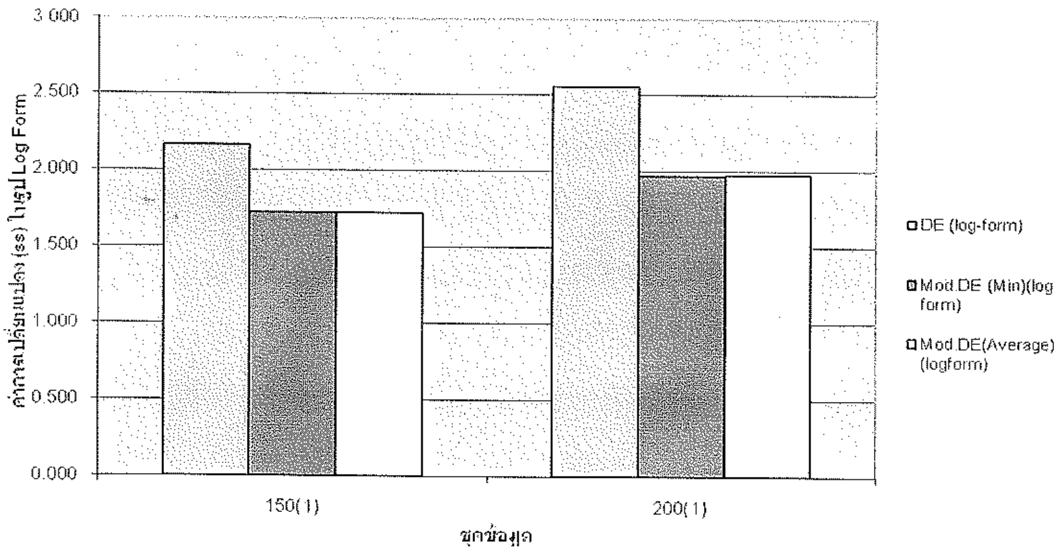
กรณีปัญหาตัวอย่าง	ความแตกต่างของ Run time ระหว่างโปรแกรม LINGO กับ DE	ความแตกต่างของ Run time ระหว่างโปรแกรม LINGO กับ Mod.DE (Min)	ความแตกต่างของ Run time ระหว่างโปรแกรม LINGO กับ Mod.DE (Average)	ความแตกต่างของ Run time ระหว่างโปรแกรม DE กับ Mod.DE (Min)	ความแตกต่างของ Run time ระหว่างโปรแกรม DE กับ Mod.DE (Average)
5 (ชุดที่ 1)	-25.53	-30.45	-27.66	-6.60	-2.85
5 (ชุดที่ 2)	-39.36	-40.91	-40.06	-2.56	-1.15
10 (ชุดที่ 1)	-94.16	-94.36	-94.30	-3.48	-2.35
10 (ชุดที่ 2)	-94.64	-94.84	-94.78	-3.66	-2.64
15 (ชุดที่ 1)	-97.61	-97.72	-97.69	-4.46	-3.46
15 (ชุดที่ 2)	-97.63	-97.70	-97.67	-2.93	-1.40
20 (ชุดที่ 1)	-99.74	-99.75	-99.75	-6.05	-3.79
20 (ชุดที่ 2)	-99.72	-99.74	-99.72	-7.62	-4.44
30 (ชุดที่ 1)	-99.89	-99.90	-99.89	-4.48	-1.33
30 (ชุดที่ 2)	-99.90	-99.90	-99.90	-3.54	-2.50
40 (ชุดที่ 1)	-99.86	-99.87	-99.87	-4.02	-2.33
40 (ชุดที่ 2)	-99.88	-99.88	-99.88	-4.85	-2.10
150(ชุดที่ 1)	-	-	-	-63.97	-63.67
200(ชุดที่ 1)	-	-	-	-73.95	-73.76
average	-87.326	-87.918	-87.597	-13.726	-11.983



ภาพที่ 6.12 การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดเล็ก



ภาพที่ 6.13 การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดกลาง



ภาพที่ 6.14 การเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลของข้อมูลขนาดใหญ่

เมื่อมาพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ใช้เวลาสั้นกว่า โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 87.32% และเมื่อเทียบวิธี Modified Differential evolution (MODDE) แบบ Min และแบบ Average จะใช้เวลาสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 87.981% และ 87.597% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระหว่างวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) แบบ Min และแบบ Average ใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ถึง 13.726% และ 11.983% ตามลำดับ ดังตารางที่ 6.28 และภาพที่ 6.12 – 6.14 ที่เปรียบเทียบทางด้านเวลาในการประมวลผลของคำตอบ

6.1 วิธีการสร้างโครโมโซมต้นแบบ

การสร้างโครโมโซมต้นแบบได้มาจากการสุ่มโดยมีจำนวนยีนส์ในแต่ละโครโมโซมเท่ากับจำนวนเมืองซึ่งในตัวอย่างต่อไปนี้จะกำหนดให้จำนวนยีนส์ในโครโมโซมมีค่าเป็น 5 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 โครโมโซมต้นแบบ

0.8	0.4	0.2	0.7	0.1

จากตารางที่ 6.1 โครโมโซมประกอบไปด้วย 5 ยีนส์ซึ่งได้มาจากตัวเลขสุ่มเพื่อทำการตรวจสอบพื้นที่ปลูกปาล์มที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันโดยจำนวนประชากรโดยแต่ละรอบการวนซ้ำจะประกอบไปด้วย N-POP โครโมโซมแต่ซึ่ง N-POP เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าต่อจากนั้นจึงทำการ การเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงให้เป็นโครโมโซมไบนารี โดยในการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงเป็นโครโมโซมไบนารีสามารถดำเนินการได้โดยการกำหนดค่า POP – Open เพื่อตรวจสอบว่าพื้นที่ปลูกปาล์มจะได้รับการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันหากมีการตั้งค่า POP- Open เท่ากับ 0.2 ซึ่งตัวแปรในยีนส์ของโครโมโซมที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ POP – Open จะมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าหากมากกว่า POP – Open ก็จะมีค่าเป็น 0 ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจำนวนจริงเป็นโครโมโซมไบนารี

location	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Random number	0.8	0.4	0.2	0.7	0.1
Binary code	0	0	1	0	1

จากตารางที่ 6.2 ค่าจำนวนจริงที่อยู่ในยีนส์ของเกษตรกรแต่ละรายที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ POP- Open (0.2) ได้แก่เกษตรกร 3 และ 5 ดังนั้นค่ายีนส์ในโครโมโซมรายที่ 3 และ 5 จะมีค่าเป็น 1 ส่วนรายที่เหลือจะเป็น 0 ดังนั้นเกษตรกรรายที่เหลือคือ 1, 2 และ 4 จะถูกมอบหมายงานให้เกษตรกรรายที่ 3 และ 5 แต่ก่อนที่ผู้วิจัยจะอธิบายวิธีการมอบหมายงานโดยใช้วิธีการ Roulette Wheel Selection ในการมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมันซึ่งจะช่วยลดเวลาในการเรียงลำดับของข้อมูลซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยลงดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นใน

ตารางที่ 7.1 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาจริงจากกรณีศึกษา วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) (ต่อ)

Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers	Function values of objective functions (Million baht)	Run time (ss)
13	20	40	40	73	11.960300	20.906
14	30	40	30	73	11.960300	20.844
15	40	20	40	73	11.960300	20.719
average					12.65961	21.2166

เมื่อทำการประมวลผลด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) กับปัญหาปัญหาจริงจากกรณีศึกษาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7.1 จะให้ค่าคำตอบในการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันเพียงคำตอบเดียว มีเพียงกรณีที่ 7 ที่ไม่ให้ความสำคัญในด้านเศรษฐศาสตร์ก็จะส่งผลให้เลือกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันถึง 4 ลานเทปาล์มน้ำมันในตำแหน่งของตำบลปะเรใต้ ตำบลป่าเสมัส ตำบลสุคิริน และตำบลร่มไทร และมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 22.45 ล้านบาทและจะใช้เวลาในการหาคำตอบที่มากกว่า โดยลานเทปาล์มที่เหมาะสมในการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันในวิธีการนี้ คือลานเทปาล์มที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทรมีอัตราการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันถึงร้อยละ 93.33 เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการเป้าหมาย 15 กรณี ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งลานเทปาล์มดังกล่าวอยู่ในทำเลที่ตั้งใกล้กับแหล่งวัตถุดิบและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดังนั้นจะเห็นได้ว่าการให้น้ำหนักในสมการเป้าหมายมีผลต่อจำนวนและสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดรวมทั้งมีผลต่อค่าของสมการเป้าหมายในแต่ละด้านอีกด้วยและเมื่อพิจารณาถึงค่าคำตอบและตำแหน่งของลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิด ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) ในการหาคำตอบและตำแหน่งของลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดมาเปรียบเทียบผลของคำตอบกับวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) กับปัญหาจริงจากกรณีศึกษาดังแสดงผลในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ผลการทดลองเปลี่ยนค่าฟังก์ชั่นสมการวัตถุประสงค์กับปัญหาจริงจากกรณีศึกษาด้วยวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE)

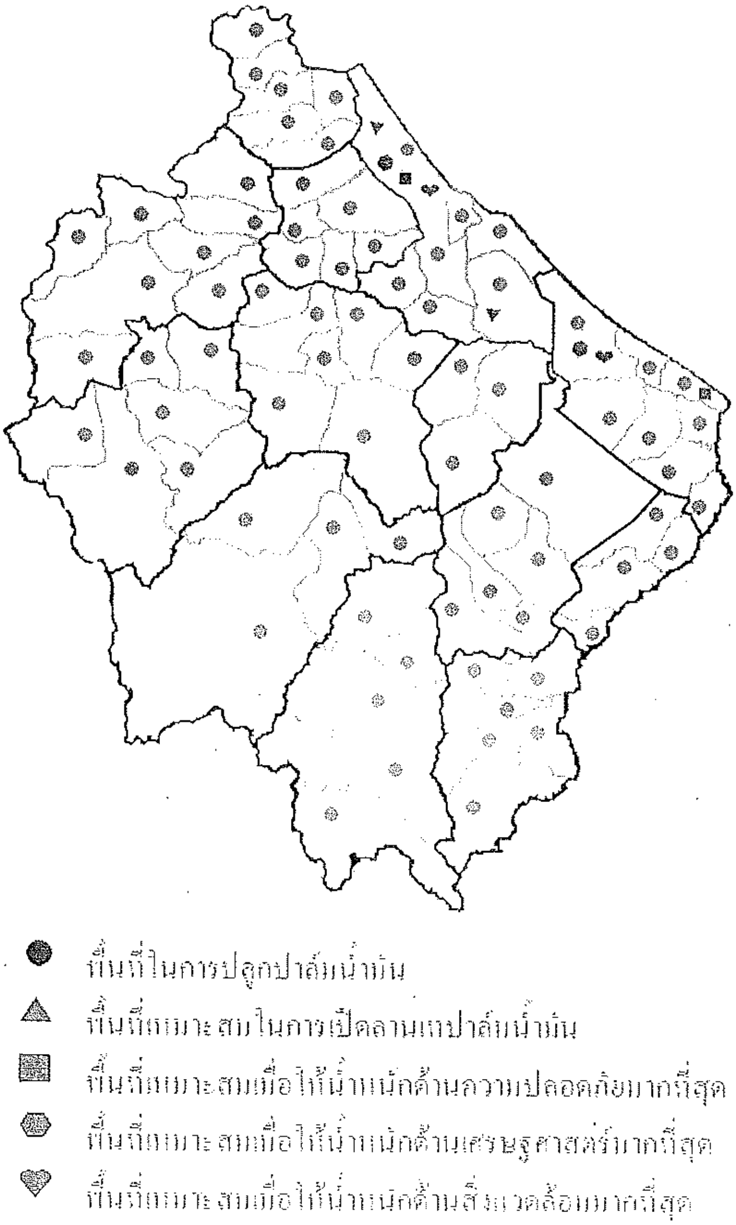
Case	Economic objective	Environmental objective	Terroristic objective	Proper locations of oil palm collecting centers	Function values of objective functions (Million baht)			Run time (ss)		
					DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)	DE	Mod.DE (Min)	Mod.DE (Average)
1	10	10	80	73	11.96	11.96	11.96	21.734	18.453	19.340
2	20	20	60	73	11.96	11.96	11.96	20.687	18.567	19.567
3	30	30	40	73	11.96	11.96	11.96	21.031	18.689	19.489
4	40	40	20	42	11.96	11.96	11.96	20.953	19.234	19.790
5	50	50	0	73	11.96	11.96	11.96	20.625	18.632	19
6	80	10	10	21,29,68,73	11.96	11.96	11.96	20.813	18.345	19.978
7	0	50	50	73	22.45	22.45	22.45	22.265	20.432	21.567
8	10	80	10	73	11.96	11.96	11.96	20.844	18.678	19.482
9	20	60	20	73	11.96	11.96	11.96	22.234	21.356	21.987
10	50	0	50	73	11.96	11.96	11.96	21	19.989	20.985
11	60	20	20	73	11.96	11.96	11.96	21.062	19.987	20.453
12	40	30	30	73	11.96	11.97	11.97	22.532	20.245	21.435
13	20	40	40	73	11.96	11.96	11.96	20.906	20.123	20.750
14	30	40	30	73	11.96	11.96	11.96	20.844	19.987	20.125
15	40	20	40	73	11.96	11.96	11.96	20.719	19.986	20.654
average					12.65933	12.66	12.66	21.2166	19.51353	20.3068

ตารางที่ 7.3 สรุปผลของคำตอบจากการทดลองปัญหาจากกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	%ในการพบคำตอบ Best Solution	%ความแตกต่างของผลระหว่าง DE กับ Mod. DE
77A	100	0.1211

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) และวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ซึ่งมีขนาดจำนวนข้อมูลมากพอควร สามารถพบว่า Best Solution โดยเฉลี่ย 100% ของจำนวนปัญหาตัวอย่างทั้งหมด โดย สามารถพบ Best Solution ได้ 100% ของจำนวนตัวอย่างทดสอบจากกรณีศึกษา แต่คำตอบที่พบก็มีความแตกต่างจาก Best Solution เพียง 0.1211% เท่านั้น โดยเฉลี่ยในการทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างทั้งหมดนี้วิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Best Solution ดีกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ดังตารางสรุปผลที่ 7.3

เมื่อมาพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ใช้เวลาสั้นกว่า โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 70.26% และเมื่อเทียบวิธี Modified Differential evolution (MODDE) แบบ Min และแบบ Average จะใช้เวลาสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 71.656% และ 70.898% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระหว่างวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) แบบ Min และแบบ Average ใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ถึง 20.8375% และ 19.27% ตามลำดับ ดังตารางที่ 7.2



ภาพที่ 7.1 ตำแหน่งลานเทปาล์มที่เหมาะสมที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันและพื้นที่ที่เหมาะสมถ้าให้ความสำคัญในสมการเป้าหมายของแต่ละด้านมากสุด

สรุปผลจากปัญหาในกรณีศึกษาโดยภาพรวมแล้ววิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) และวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ซึ่งจากการพิจารณาสมการวัตถุประสงค์ทั้งสามด้านดังต่อไปนี้

(1) ถ้าให้ค่าความสำคัญของสมการวัตถุประสงค์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ สูงสุด 80% ลานเทปาล์มน้ำมันจะถูกเปิดในตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทร ของจังหวัดนราธิวาสโดยที่ลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดนั้นจะได้รับผลประโยชน์มากที่สุด

(2) ถ้าให้ค่าความสำคัญของสมการวัตถุประสงค์ทางด้านสิ่งแวดล้อมสูงสุด 80% ลานเทปาล์มน้ำมันจะถูกเปิดในตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทร ของจังหวัดนราธิวาสโดยที่ประชาชนที่อยู่ใกล้ลานเทปาล์มน้ำมันได้รับผลกระทบน้อยสุด

(3) ถ้าให้ค่าความสำคัญของสมการวัตถุประสงค์ทางด้านความปลอดภัยในเส้นทางการขนส่งสูงสุด 80% ลานเทปาล์มน้ำมันจะถูกเปิดในตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทร ของจังหวัดนราธิวาส โดยที่เกษตรกรที่ใช้เส้นทางในการขนส่งและประชากรในแถบเส้นทางการขนส่งได้รับผลกระทบในการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุด

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในสมการเป้าหมายมีผลต่อจำนวนและสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดรวมทั้งมีผลต่อค่าของสมการเป้าหมายในแต่ละด้านอีกซึ่งในงานวิจัยจะเห็นได้ว่าสมการเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์จะมีความสำคัญในการเลือกที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเป็นอันดับแรกและจากการประมวลผลปัญหาในกรณีศึกษาโดยภาพรวมแล้วตำแหน่งลานเทปาล์มที่เหมาะสมที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันคือตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทรมีอัตราการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันถึงร้อยละ 93.33 ดังภาพที่ 7.1 เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการเป้าหมาย 15 กรณี ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งลานเทปาล์มดังกล่าวอยู่ในทำเลที่ตั้งใกล้กับแหล่งวัตถุดิบและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม มีเพียงกรณีที่ 7 ที่ไม่ให้ความสำคัญในด้านเศรษฐศาสตร์ก็จะส่งผลให้เลือกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันถึง 4 ลานเทปาล์มน้ำมันในตำแหน่งของตำบลปะเรใต้ ตำบลปาเสมัส ตำบลสุคิริน และตำบลร่มไทร และมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 22.45 ล้านบาทและจะใช้เวลาในการหาคำตอบที่มากกว่า

บทที่ 8
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

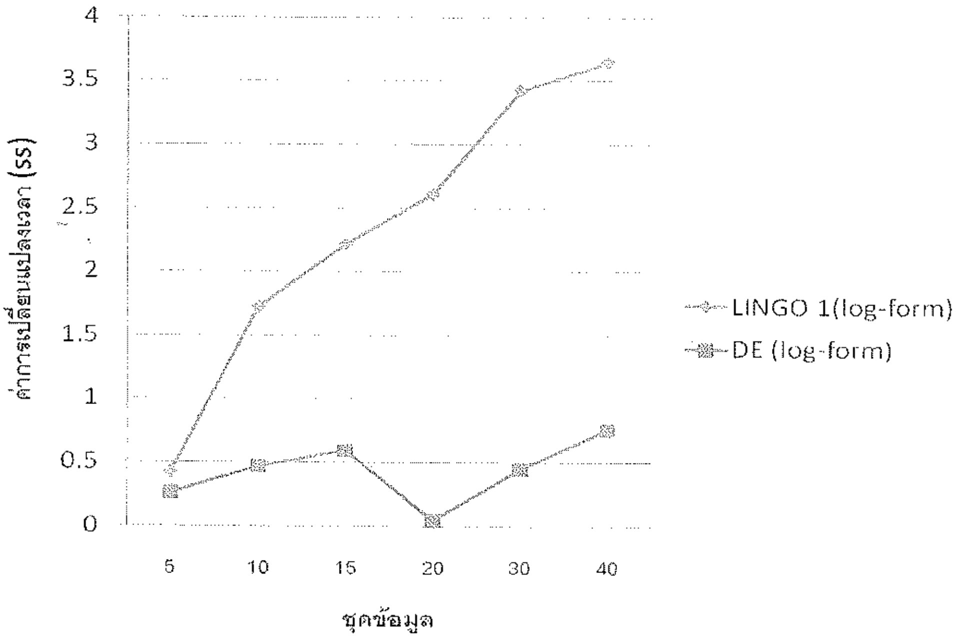
งานวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหา Multi Objective Multi Echelon Location Allocation Problem ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้เพื่อทำการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมในปัญหา Location Problem ซึ่งเป็นการ Location แบบมีหลายระดับชั้นเนื่องจากมีการส่งแบบหลายต่อในระบบโซ่อุปทาน จากนั้นทำการจัดสรรการหรือการมอบหมายการขนส่งระหว่างจุดที่เปิดตามตำแหน่งที่เปิดมาของปัญหา Location Problem ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์นอกจากต้องการให้ต้นทุนต่ำที่สุดแล้วยังพิจารณาถึงการขนส่งที่ทำเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังต้องหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีการเกิดวินาศภัย เนื่องจากกรณีศึกษาที่ได้ยกมาเป็นตัวอย่างปัญหาในครั้งนี้นั้น อยู่ในพื้นที่ที่มีการก่อการร้าย ดังนั้นเส้นทางใดที่มีอัตราการเกิดวินาศภัยสูงจะได้รับการพิจารณาเพิ่มเป็นปัจจัยความเสี่ยง โดยใช้หลักความน่าจะเป็นในการเกิดวินาศภัยมาคำนวณร่วมกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากเกิดวินาศภัยหรือระเบิด ซึ่งใช้อัตราความหนาแน่นของประชากรในเส้นทางการขนส่งร่วมกับความน่าจะเป็นในการเกิดระเบิดซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลในอดีตของเส้นทางภายในกรณีศึกษา ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถแก้ปัญหาขนาดเล็กได้ โดยผู้วิจัยได้ทดลองปัญหา Multi Objective Multi Echelon Location Allocation Problem ในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยใช้ข้อมูลเพียง 2 อำเภอซึ่งประกอบด้วย 10 ตำบลของจังหวัดนราธิวาส โดยเขียนแบบจำลองลงในโปรแกรม LINGO Version 11 เพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาได้ แต่ในพื้นที่เขตพัฒนาเฉพาะกิจภาคใต้นั้น มีจำนวนทั้งสิ้น 77 ตำบล ซึ่งเมื่อทดลองประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO Version 11 แล้วไม่สามารถหาคำตอบได้เนื่องจากปัญหามีขนาดใหญ่เกินความสามารถของซอฟแวร์ โดยได้พัฒนาวิธีการDifferential Evolution (DE) และวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) โดยทำการทดลองกับปัญหามาตรฐาน ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหาจริงจากกรณีศึกษา

ลำดับขั้นของการออกแบบโครโมโซมเพื่อใช้แทนปัญหา Multi echelon Location Allocation Problem, Altiparmak et al., (2006) ได้นำเสนอวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยได้ใช้วิธี priority based ในการให้รหัสของโครโมโซม (Chromosome encoding) โดยโครโมโซมที่ได้มีขนาด (1× [(I+J)+(J+K)]) เมื่อ I คือจำนวน suppliers หรือ stage ที่ 1 ของปัญหา multi echelon, J คือโรงงานหรือ stage ที่ 2 ของปัญหา multi echelon, K คือ stage ที่สามของปัญหา multi echelon โดยใช้ตัวเลขจำนวนเต็มเป็นรหัสการจัด priority หากตัวเลขมากจะได้รับการเปิดเป็น location ที่เหมาะสมก่อนจากนั้นก็หาต้นทุนที่ต่ำที่สุดเพื่อใช้ในการจัดสรรหรือมอบหมายในปัญหา allocation problem โดยจะต้องทราบจำนวน location ที่จะต้องเปิดในปัญหา location ซะก่อน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับปัญหา p-median แบบมีหลายระดับชั้น ในงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธี encoding โครโมโซมคล้ายๆ กับ Altiparmak et al., (2006) แต่จะใช้ Chromosome ที่มีขนาด (1×[I+J+K]) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าของ Altiparmak et al., (2006) โดยทำการแยกการมอบหมายงานออกวิธีการหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลใน Chromosome เป็นข้อมูลในการตัดสินใจมอบหมายงานและใช้ POP-OPEN เป็นพารามิเตอร์ช่วยในการระบุจำนวน location ที่ต้องเปิด โดยวิธีการมอบหมายงานนั้นมีทั้งแบบที่ใช้ลักษณะคล้ายกับ Altiparmak et al., (2006) คือเรียงลำดับ priority ตามค่าของ Chromosome ที่ได้ และแบบสุ่มตามข้อมูลใน Chromosome โดยใช้วิธีการ Roulette Wheel selection โดยผู้วิจัยได้แยกการพัฒนาวิธีการออกเป็น 2 วิธีการได้แก่ วิธีการ DE แบบดั้งเดิม และแบบปรับปรุง (Differential Evolution algorithm and Modified Differential evolution)

วิธีการ Differential Evolution สำหรับ multi objective multi echelon location allocation ได้พัฒนานวัตกรรมใหม่ดังนี้

(1) การมอบหมายเกษตรกรให้นำทะลายปาล์มน้ำมันไปส่งให้กับลานเทปาล์มน้ำมันจะพิจารณาเส้นทางการส่งปาล์มน้ำมันที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเรียงลำดับระยะทางจากน้อยไปหามาก

(2) การทดลองเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ F, Cr, POP – Open ที่เหมาะสมโดยทดลองกับปัญหา ตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นที่มีจำนวนเกษตรกรเท่ากับ 15 จำนวนโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มเท่ากับ 1 จากวิธีการ Full factorial Design ซึ่งมีตัวแปร 3 ตัวแปร ตัวแปรแต่ละตัวแปรมี 3 ระดับได้แก่ ต่ำ กลาง และสูง ค่าตัวแปรแต่ละตัวแปรทดลองรันโปรแกรมด้วยวิธี Differential evolution (DE) ทั้งสิ้น 54 treatment โดยทดลองซ้ำ 2 ครั้งต่อ 1 Treatment รวมทั้งสิ้น 54 การทดลอง ซึ่งพบว่าค่า F, Cr, POP – Open ที่เหมาะสมคือ 2, 0.6, 0.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 8.1 การเปรียบเทียบเวลาด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE)

โดยภาพรวมวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) สามารถพบว่า Optimum Solution โดยเฉลี่ย เป็น 70.52% ของจำนวนปัญหาตัวอย่างทั้งหมด (180 ตัวอย่าง) แต่คำตอบที่พบก็มีความคลาดเคลื่อนจาก Optimum Solution เพียง 0.069533% เท่านั้นโดยเฉลี่ยในการทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างทั้งหมดวิธี Differential evolution (DE) ใช้เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 ถึง 87.02% โดยสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 8.1 แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลข้อมูลในขนาดปัญหาต่างๆ

วิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) ใช้โครโมโซมเดียวกันกับวิธีการ Differential evolution (DE) แต่จะมีการหาคำตอบเริ่มต้นที่แตกต่างกันซึ่งได้มีนวัตกรรมใหม่ที่เกิดขึ้นดังนี้

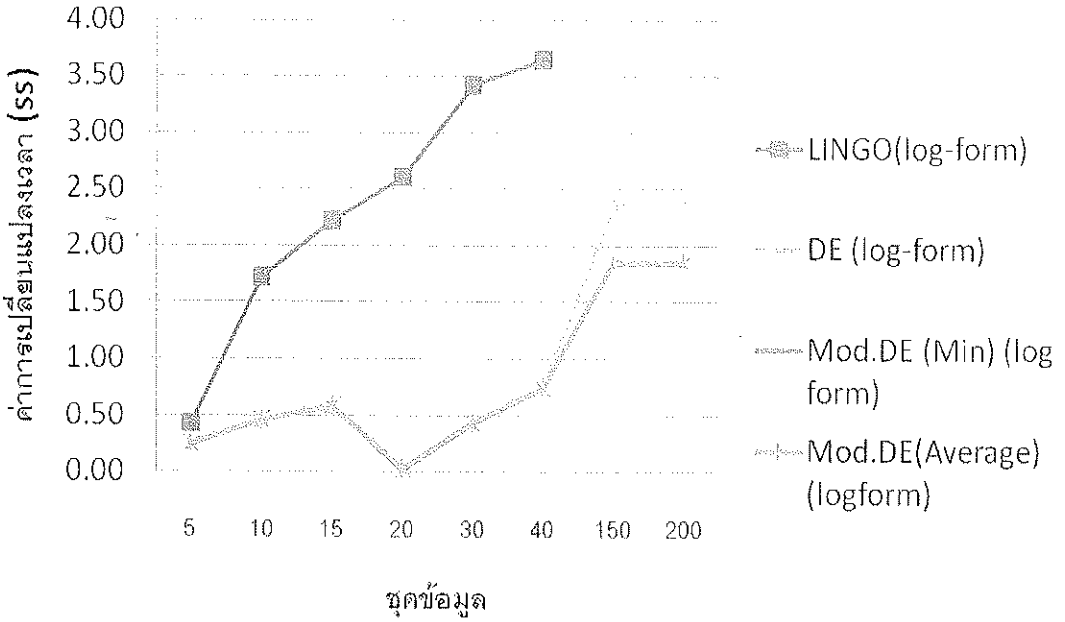
(1) การประยุกต์ใช้วิธีการมอบหมายแบบใหม่โดยการใช้วิธีการ Roulette Wheel Selection ในการมอบหมายเกษตรกรให้กับลานเทปาล์มน้ำมันซึ่งจะช่วยลดเวลาในการเรียงลำดับของข้อมูลซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยลง

(2) การประยุกต์ใช้วิธีการ Evolutionary algorithm ในการปรับค่า POP–Open อย่างอัตโนมัติซึ่งจะทำให้ได้ค่า POP–Open ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่างแต่ละปัญหา ซึ่งการใช้ค่า POP–Open ที่ปรับเองอย่างอัตโนมัติจะพบค่าที่ดีที่สุด จำนวนมากที่สุด เนื่องจากสามารถปรับเองได้อย่างอัตโนมัติโดยที่ปกติแล้วถ้าปรับค่า POP–Open (DE) จะพบค่าที่ดีเหมือนกันแต่จะกระจายอยู่

ตาม POP-Open ตามค่า POP-Open ที่เหมาะสมต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.10 แต่เมื่อ POP-Open ที่ปรับเองอย่างอัตโนมัติก็จะพบค่าที่ดีที่สุดเองอย่างอัตโนมัติ

โดยภาพรวมแล้ววิธี Modified Differential evolution (MODDE) จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Optimum Solution เท่ากับ 0.05635% เมื่อเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 และเมื่อนำผลที่ได้จาก วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาเทียบกับวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Optimum Solution เท่ากับ 0.01857%

สรุปแล้วจากการทดลองพบว่าในปัญหาขนาดเล็กสามารถพบ Optimum Solution ได้ 100% ส่วนปัญหาขนาดกลาง 10 (ชุดที่ 1) และ 10 (ชุดที่ 2) ไม่สามารถพบ Optimum Solution และ 15 (ชุดที่ 1), 15 (ชุดที่ 2) สามารถพบ Optimum Solution ได้ถึง 86.66% ส่วนอีก 13.34% ที่ไม่พบ optimal solution (1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง) ก็มีความคลาดเลื่อนเพียง 0.1841% และ 0.1794% ตามลำดับ เท่านั้น โดยเฉลี่ยในการทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างทั้งหมดนี้วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Optimum Solution เท่ากับ 0.066267% เมื่อเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 แต่เมื่อนำผลจากโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO version 11 มานำไปเทียบกับวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Optimum Solution เท่ากับ 0.066267 % และเมื่อนำผลที่ได้จาก วิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) มาเทียบกับวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Optimum Solution เท่ากับ 0.018575% ส่วนในปัญหาขนาดใหญ่ โดยทุกปัญหา 150 (ชุดที่ 1), 200 (ชุดที่ 1) สามารถพบ Best Solution ได้ 100% ของจำนวนตัวอย่างทดสอบ แต่คำตอบที่พบก็มีความแตกต่างจาก Best Solution เพียง 2.4436%, 2.9416% ตามลำดับ โดยเฉลี่ยในการทดสอบกับโจทย์ตัวอย่างทั้งหมดนี้วิธี Modified Differential evolution (MODDE) ก็จะให้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างจาก Best Solution ดีกว่าวิธี Differential evolution (DE) ถึง 2.6926%



ภาพที่ 8.2 การเปรียบเทียบเวลาด้วยวิธี Modified Differential evolution (MODDE)

เมื่อมาพิจารณาถึงผลของคำตอบและเวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบวิธี Modified Differential evolution (MODDE) แบบ Min และแบบ Average จะให้ผลของคำตอบที่ใกล้เคียงกันในทุกๆปัญหาแต่ถ้าพิจารณาถึงเวลาในการหาคำตอบแล้วทั้งสองแบบจะใช้เวลาสั้นกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO version 11 และวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ถึง 87.918% และ 87.957% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระหว่างวิธีการ Modified Differential evolution (MODDE) แบบ Min และแบบ Average ใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) ถึง 13.726% และ 11.983% ตามลำดับโดยจะเห็นว่าวิธี Modified Differential evolution (MODDE) เป็นวิธีการที่ให้คุณภาพของคำตอบที่ดีกว่าและเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) และแน่นอนที่สุดวิธี Modified Differential evolution (MODDE) และวิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) แก้ปัญหาได้เร็วกว่าโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO version 11 แต่คุณภาพของคำตอบยังไม่ดีมากเท่าที่ควรดังแสดงในภาพที่ 8.2 แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลข้อมูลของปัญหาขนาดต่างๆ

ส่วนปัญหาในกรณีศึกษาโดยภาพรวมแล้ววิธีการวิวัฒนาการโดยส่วนต่าง Differential evolution (DE) และวิธี Modified Differential evolution (MODDE) ซึ่งจากการพิจารณาสมการวัตถุประสงค์ทั้งสามด้านโดยให้ค่าความสำคัญสูงสุดดังนี้

(1) ถ้าให้ค่าความสำคัญของสมการวัตถุประสงค์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สูงสุด 80% ลานเทปาล์มน้ำมันจะถูกเปิดในตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทร ของจังหวัดนราธิวาสโดยที่ลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดนั้นจะได้รับผลประโยชน์มากที่สุด

(2) ถ้าให้ค่าความสำคัญของสมการวัตถุประสงค์ทางด้านสิ่งแวดล้อมสูงสุด 80% ลานเทปาล์มน้ำมันจะถูกเปิดในตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทร ของจังหวัดนราธิวาสโดยที่ประชาชนที่อยู่ใกล้ลานเทปาล์มน้ำมันได้รับผลกระทบน้อยสุด

(3) ถ้าให้ค่าความสำคัญของสมการวัตถุประสงค์ทางด้านความปลอดภัยในเส้นทางการขนส่งสูงสุด 80% ลานเทปาล์มน้ำมันจะถูกเปิดในตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทร ของจังหวัดนราธิวาสโดยที่เกษตรกรที่ใช้เส้นทางในการขนส่งและประชากรในแถบเส้นทางการขนส่งได้รับผลกระทบในการก่อวินาศกรรมน้อยที่สุด

จากการประมวลผลปัญหาในกรณีศึกษาโดยภาพรวมแล้วตำแหน่งลานเทปาล์มที่เหมาะสมที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันคือ ตำแหน่งที่ 73 ซึ่งตรงกับตำบลร่มไทรมีอัตราการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันถึงร้อยละ 93.33 เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการเป้าหมาย 15 กรณี ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งลานเทปาล์มดังกล่าวอยู่ในทำเลที่ตั้งใกล้กับแหล่งวัตถุดิบและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดังนั้นจะเห็นได้ว่าการให้น้ำหนักในสมการเป้าหมายมีผลต่อจำนวนและสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดรวมทั้งมีผลต่อค่าของสมการเป้าหมายในแต่ละด้านอีกด้วย มีเพียงกรณีที่ 7 ที่ไม่ให้ความสำคัญในด้านเศรษฐศาสตร์ก็จะส่งผลให้เลือกเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันถึง 4 ลานเทปาล์มน้ำมันในตำแหน่งของตำบลปะเรใต้ ตำบลปาเสมัส ตำบลสุคีริน และตำบลร่มไทรและมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 22.45 ล้านบาทและจะใช้เวลาในการหาคำตอบที่มากกว่า

8.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจใน การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอนำเสนอแนวทางในการศึกษาและงานวิจัยที่จำทำในอนาคตเพิ่มเติมดังนี้

8.2.1 ควรศึกษาการจัดเส้นทางยานพาหนะในการขนส่งมันปาล์มน้ำมัน โดยการเพิ่มเรื่องของเวลาในการขนส่งแต่ละเที่ยว มีขนาดของความจุของรถขนส่งมาเกี่ยวข้อง

8.2.2 ควรศึกษาการวางแผนการผลิตในโซ่อุปทานที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมัน

8.2.3 ควรมีการประยุกต์ให้มีการปรับค่า Cr และค่า F เองอย่างอัตโนมัติ

8.2.4 ศึกษาฮิวริสติกหลายๆ วิธีเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาในการเลือก จัดสรรทรัพยากร เป็นลักษณะการผสมผสานวิธีการหรือเปรียบเทียบเพื่อหาฮิวริสติกที่ดี มีประสิทธิภาพเหมาะกับการแก้ปัญหา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, ศลิษา ภมรสถิต และจักรกฤษณ์ ดวงพัสตรา. การจัดการลอจิสติกส์. กรุงเทพมหานคร : แมคกรอ – ฮิลอินเตอร์เนชั่นแนลเอ็นเตอร์ไพรส์ อิงค์, 2544.

เกียรติศักดิ์ พระเนตร. การแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งแบบหลายลำดับขั้น ที่มีสองวัตถุประสงค์ กรณีศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังและการเลือกโรงงานผสมน้ำมันแก๊สโซฮอล์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงอุตสาหกรรม. การนำเข้าพลังงานและการใช้พลังงานของประเทศ. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2551.

กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โครงการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551.

ฌกร อินทร์พยุง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

นัทธพงศ์ นันทสำเริง. "ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานเอทานอลจากวัตถุดิบชานอ้อย แบบหลายวัตถุประสงค์", วารสารวิจัย มข. 14(3) : มิถุนายน, 2552 .

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ไบโอดีเซล น้ำมันพืชพลังงานทางเลือก. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สถานการณ์น้ำมันและพืชน้ำมันสำคัญของโลก. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548

มาติน ไอวีอี. แนวทางของการปรับปรุงประสิทธิภาพของการกระจายสินค้าประเภทเบเกอรี่ โดยมีข้อกำหนดคือช่วงเวลาในการส่งสินค้า. ม.ป.ท. : ม.ป.พ., 2541.

สตีฟ ทอม. ปัญหาการเก็บขนวัตถุซึ่งเป็นปัญหาที่มีเป้าหมายวิ่งเก็บขนวัตถุให้ได้มากที่สุดในหนึ่งเที่ยว. ม.ป.ท. : ม.ป.พ., 2537.

สถาบันการจัดการระบบสุขภาพภาคใต้. รายงานโครงการสมัชชาสุขภาพเยียวยาสังคมพหุวัฒนธรรมในชายแดนภาคใต้ปีที่ 2. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เปรียบเทียบข้อมูล สถานการณ์ปาล์มน้ำมันปี 2549/2550. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์ม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุพรรณ สุดสนธิ์ และคณะ. "การประยุกต์วิธีการหาคำตอบโดยวิธีอัลกอลิทึมเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการเลือกสถานที่ศูนย์กระจายสินค้าในภาคธุรกิจการขนส่งและลอจิสติกส์", ใน การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพมหานคร : โรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล, 2549.

________. "วิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบสำหรับปัญหาสถานที่ตั้งศูนย์วิจัยสินค้าแบบหลายแห่งและการจัดเส้นทางการขนส่ง", ใน การสรุปการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ 2550. คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.

Abbass, H. A. "The self-adaptive Pareto differential evolution algorithm", In proceeding of 2002 World on Congress on Computational Intelligence. USA., 2002.

Alfred . A. Kuehn and Michael J. Hamlurger "A Hevristic Program for locating Warehouses", Management Science. 643 – 666, 1963.

Alper Murat, Vedat Verter, Gilbert Laporte. "A continuous analysis framework for the solution of location-allocation problem with dense demand", Computer&Operations Research. 37: 123-136, 2010.

Atsuo Suzuki, Zvi Drezner. "The minimum equitable radius location problem with continuous demand", European Journal of Operational Research. 195: 17-30, 2009.

Balakrishnan A.,Waed J.E.and Wong R.T. "Integrated facility location and vehicle roouting models: tecent work and future prospects" American Journal of Mathematical and Management Sciences. 7: 35-61, 1987.

Bergey, P. K. & Ragsdale, C. "Modified differential evolution: a greedy random strategy for genetic recombination", Omega. 33(3): 255-265, 2005.

Bilal Alatas, Erhan Akin, Ali Karci "MODENAR: Multi-objective differential evolution algorithm for mining numeric association rules", Applied Soft Computing. 646–656, 2008.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Bin Q., Ling W., De-Xian H., and Xiong W. "Scheduling multi-objective job shop using a memetic algorithm based on differential evolution", International Journal of Advanced Manufacturing and Technology. 35: 1014-1027, 2008.

Blum,c. and Fouldm L.R. "Metahevristics in combinatorial optimization: Overview and Conceptual Comparison", ACM Computing Surveys. 35: 268-308, 2003.

Brimberg J. "The Fermat-Weber location problem revisited", Mathematical Programming. 71: 71-76, 1995.

Buddadee, Bancha et. al. "The development of multi – objective optimization model for excess bagasse utilization: A case study for Thailand", Environmental Impact Assessmcut Review. 28: 380-381, 2008.

B.V. Babu ,S.A. Munawar "Differential evolution strategies for optimal design of shell-and-tube heat exchangers" Chemical Engineering Science. 3720–3739, 2007.

Cavalier TM, Sherali HD. "Euclidean distance location-allocation problems with uniform demands over convex polygons", Transportation Science. 20: 107-16, 1986.

Chakraborty, U.K., Das, S., & Konar, A. Differential evolution with local neighborhood. IEEE Congress on Evolutionary Computation, New Jersy: IEEE Press, 2006.

Chakraborty, U.K. (ed.) Advances in Differential Evolution. Springer, Heidelberg, 2008.

Christofides, N. ,Mingozzi, A. and Toth,P. "The Location Routing Problem", Combinatorial Optimization. 237-279, 1979.

Clark,G,and Wright,J. "Scheduling of Vehicle From a Central depot to a number of delivery points" operations Research. 12: 568-581, 1964.

Das S., Konar A., & Chakraborty U.K. "Two improved differential evolution schemes for faster global Search". The 2005 conference on genetic and evolution computation. Washington DC, USA.: AMC, 2005.

Daskin. "A ware house location problem", Transportation Research Qvarterly. 5: 381-396, 1985.

Dilek Tuzun, Laura I. Burke "Theory and Methodology A two-phase tabu search approach to the location routing problem", European Journal of Operational Research. 87–99, 1999.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Emanuel Melachrinoudis, Hokey Min, Xing Wu "A multiobjective model for the dynamic location of landfills", Location Science. 143–166, 1995.

Emel Kızılkaya Aydogan, Ismail Karaoglan, Panos M. Pardalos "GA: Hybrid genetic algorithm in fuzzy rule-based classification systems for high-dimensional problems", Applied Soft Computing. 800 – 806, 2012.

Engin Durmaz, Necati Aras, I.Kuban Altinal. "Discrete approximation heuristics for the capacitated continuous location-allocation problem with probabilistic customer locations", Computer&Operations Research. 36: 2139-2148, 2009.

E. Zio ,G. Viadana "Optimization of the inspection intervals of a safety system in a nuclear power plant by Multi-Objective Differential Evolution (MODE)", Reliability Engineering & System Safety. 1552 – 1563, 2011.

Fulya Altiparmak, Mitsuo Gen, Lin Lin, Turan Paksoy. "A genetic algorithm approach for multi – objective optimization of supply chain networks", Computers & Industrial Engineering. 51: 196 – 215, 2006.

Godfrey, O. and Donald, D. "Scheduling flow shop using differential evolution algorithm", European Journal of Operational Research. 171: 674-692, 2006.

Hakimi (1964) "Thep-median location problem", Geographic Information system for Transportation: Principles and Applications. 200-202, 1964.

J. Puerto, A.M.Rodriguez-Chia. "Quasiconvex constrained multicriteria continuous location problem: Structure of nondominated solution sets", Computer&Operations Research. 35: 750-765, 2008.

Jacobsen, S.K. and Madsen, O.B.G,L. "A comparative study of heuristics for a two level routing – location problem", European Journal of Operational Research. 6: 378 – 387, 1980.

Jose-Manuel Belenguer, Enrique Benaaventt, Chrhsltian Prilns, Caroline Prodhon and Roberto Wolfler Calvo "A Branch and Cut method for the Capacitated Location-Routing Problem", Computers & Operations Research. 931 – 941, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Jozefowiez, N. Semet, F. and Talbi, E. "Multi – objective vehicle routing problems European", Journal of Operational Research. 189: 293 – 309, 2008.

Kaelo, P. & Ali, M.M. "A numerical study of some modified differential evolution algorithms", European Journal of Operational Research. 169 (3): 1176-1184, 2006.

L. Caccetta and M. Dzator. "Heuristic Methods for Locating Emergency Facilities", Teitz and Bart, 1968.

Laporte, G. "The Vehicle routing problem An Overiew of exactand approximate algorithm", European of Journal Operational Research. 59: 345-358, 1992.

Leamer EE. "Locational equilibria", Journal of Regional Science. 8: 229-42, 1968.

Liu, J. & Lampinen, J. "A fuzzy adaptive differential evolution algorithm", Soft Computing-A Fusion of Foundations, Methodologies, and Applications. 9(6): 448–462, 2005.

Lorenz j. Bonderer, Kirill Feldman, Ludwig J. Gauckler "Plateet-reinforced polymer matrix composites by combined gel-casting and hot-pressing. Part II: Thermoplastic polyurethane matrix composites", Composites Science and Technology. 1966-1972, 2010.

Minnesota Pollution Control Agency. MPCA and Environm ental Justice. www.pca.state.mn.us/index.php/about-mpca/assistance/mpca-and-environmental - equity.html. 19 April, 2013.

M.N .Neema, A. Ohgai. "Multi-objective location modeling of urban parks and open spaces: Continuous optimization", Computers, Environment and Urban System. 34: 359-376, 2010.

Mohammad Hossein Fazel Zarandi, Ahmad Hemmati, Soheil Davari "The multi-depot capacitated location-routing problem with fuzzy travel times", Expert Systems with Applications. 10075–10084, 2011.

M. R . Gholamian, S. M. T. Fatemi Ghomi, M. Ghazanfari. "A hybrid system for multiobjective problems - A case study in NP-hard problems", Knowledge-Based Systems. 426-436, 2007.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Muge Erdirik-Dogan, Ignacio E. Grossmann. "Simultaneous planning and scheduling of single-stage multi-product contious plants with parallel lines", Computers and Chemical Engineering. 32: 2664-2683, 2008.

Nagy, G. and Salhi ,S. "Nested heuristic methods for the location - routing problem", Journal of operational Research Society. 47: 1166 – 1174, 1996.

Nagy, Gabor and Salhi, Said. "Location – routing: Issues, models and methods", European Journal of Operational Research. 177: 649 – 672, 2007.

Omran, M. G.H, Salmon, A., Engelbrecht, A. P. "Self-adaptive differential evolution". In Lecture Notes in Artificial Intelligence. Berlin,Germany: Springer-Verlag, 2005.

Osman and Cnristofides "Capacitated P-median Problem (CPMP) is an important variation of facility location problem" European Journal of Operational Research. 135(2): 413-427, 2001.

Perl J. and M Wu.Tai-Hisetal. "Heuristic solutions to multi – depot location-routing problems", Computer@ Operational Research. 1393 – 1415, 2002.

Price , K., Storn, R.M., and Lampinen, J.A. "Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization", (Natural Computing Series). New York: Springer, 2005.

Qian , B., Wang, L., Huang, D. X., and Wang, X. "Scheduling multi-objective job shops using me metic algorithm based on differential evolution". International Journal of Advanced Manufacturing and Technology. 35: 1014-1027, 2008.

Qin, A.K. &Suganthan , P.N. "Self-adaptive differential evolution algorithm for numerical optimization", Proceedings of the 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation. 2: 1785–1791, 2005.

Quan-Ke, P., M. Fatih, T., and Yun-Chia, L. "A discrete differential evolution algorithm for the Permutation flowshop scheduling problem", computers and Industrial Engineering. 55: 795-816, 2008.

Rakesh Angira, B.V. Babu. "Optimization of process synthesis and design problems: A modified differential evolution approach", Chemical Engineering Science. 4707-4721, 2006.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ReVell,C.S., Eiselt,H.A. "Location analysis: A synthesis and srvey", European Journal of perational Research. 165: 1-19, 2005.

R. R. K. Sharma, V.Berry. "Developing new formulations and relaxations of single stage capacitated warehouse location problem (SSCWLP): Empirical investigation for assessing relative strengths and computational effort", European Journal of Operational Research. 177: 803-812, 2007.

S.H. Owen and M.S. Daskin. "Strategic facility location: Areview", European Journal of Operational Research. 111: 423 – 447, 1998.

Srivastava, R. Benton, W.C. "The location – routing problem : considerations in physical distribution system design", Computers in operations Research. 17: 427 – 435, 1990.

Storn, R. and Price, K. "Differential evolution – a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces", Technical Report TR-95-012, International Computer Science, Berkeley, CA, 1995.

Tuzun D. and Burke L.I. "A two – phase tabu seaych approach to the location routing problem", European Journal of Operational Research. 116: 87 – 99, 1999.

Viet-Phuong Nguyen, Christian Prins, Caroline Prodhon. "A multi-start iterated local search with tabu list and path relinking for the two-echelon location-routing problem", Engineering Applications of A rtificial Intelligence. 56 – 71, 2012.

Viet-Phuong Nguyen, Christian Prins, Caroline Prodhon "Solving the two-echelon location routing problem by a GRASP reinforced by a learning process and path relinking", European Journal of Operational Research. 113 – 126, 2012.

Vincent F., YuKuo-Jen Hu. "An integrated fuzzy multi-criteria approach for the performance evaluation of multiple manufacturing plants", Computers & Industrial Engineering. 269–277, 2010.

Wang CY, Gao CY, Shi ZJ. "An algorithm for continuous type optimal location problem", Computational Optimization and Applications. 7: 239-53, 1997.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Watson Gandy, C.D.T., Dohrn, P.J. "Depot location with van salesman a practical approach", Omega. 321 – 329, 1973.

Webb, M.H.J. "Cost functions in the location of depot for muitiple-delivery journeys", Operational Research Quarterly. 19: 311-320, 1968.

Weiyi Qian, Ajun li. "Adaptive differential evolution algorithm for multiobjective optimization problems", Applied Mathematics and Computation. 431 – 440, 2008.

Yang, Z., Tang K. & Yao, X. Self-adaptive differential evolution with neighborhood search, In proceedings of the 2008 Congress on Evolutionary Computation. Hong Kong, China, 2008.

Cornvejols, G , Nemhauser, G.L.&Wolsey, L.A. "The uncapacitated facility location Problem", In Mirchandani, P.B @ Francis, RL(Eds). Discrete Location Theory. New York: wiley-Inter Science, 1990.

Yang, Z., He, J. & Yao, X. "Making a difference to differential evolution", Advances in Metaheuristics for Hard Optimization: In Z. Michalewicz & P. Siarry (Eds), Springer. 2008a.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2542 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต อุตาสหกรรมศาสตร์บัณฑิต เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ (วิศวกรรมอุตสาหการ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2549 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ.2551 ทุนการศึกษาระดับปริญญาเอกภายใต้ โครงการพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับ สถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจ จังหวัดชายแดนภาคใต้
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2543 – 2547 อาจารย์ประจำแผนกวิชาเครื่องกล โรงเรียนสุราษฎร์เทคโนโลยีช่างอุตสาหกรรม พ.ศ. 2547 – 2548 อาจารย์ภาควิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ พ.ศ. 2549 – 2550 อาจารย์ระดับ 4 วิทยาลัยเกษตรและ เทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ พ.ศ.2549 – 2551 หัวหน้าฝ่ายงานวิจัยและตำรา มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ พ.ศ.2549 – 2551 หัวหน้าบริการวิชาการและวิชาชีพ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ หัวหน้าห้องสมุด วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัย นราธิวาสราชนครินทร์ พ.ศ.2549 – 2550 กรรมการสภาคณาจารย์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ทุนวิจัยที่ได้รับ	พ.ศ.2550 โครงการสร้างเครื่องย่อยต้นสาคู จากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ
งานวิจัยด้านที่สนใจ	การควบคุมคุณภาพ การออกแบบและสร้างเครื่องจักรกล เทคนิคการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม
ทำงานและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	อาจารย์ระดับ 5 ภาควิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส และทำการสอนคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์